

POWERED BY **Dialog**

**Method for controlling IC engine involves transferring determined demand values to valve controller in synchronism with crankshaft and controlling variable valve drive accordingly**  
**Patent Assignee:** BOSCH GMBH ROBERT; BEUCHE V; DIEHL U; GAESSLER H; GROSSE C; MALLEBREIN G; MISCHKER K; REIMER S; ROSENAU B; SCHIEMANN J; WALTER R  
**Inventors:** BEUCHE V; DIEHL U; GAESSLER H; GROSSE C; MALLEBREIN G; MISCHKER K; REIMER S; ROSENAU B; SCHIEMANN J; WALTER R

**Patent Family**

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
DE 10106169	A1	20020814	DE 10106169	A	20010210	200264	B
WO 200270882	A1	20020912	WO 2002DE374	A	20020201	200270	
US 20030183202	A1	20031002	WO 2002DE374	A	20020201	200365	
			US 2003257350	A	20030527		
EP 1370757	A1	20031217	EP 2002712739	A	20020201	200402	
			WO 2002DE374	A	20020201		
CN 1461378	A	20031210	CN 2002801167	A	20020201	200415	
JP 2004518865	W	20040624	JP 2002569570	A	20020201	200442	
			WO 2002DE374	A	20020201		
US 6802299	B2	20041012	WO 2002DE374	A	20020201	200469	N
			US 2003257350	A	20030527		

**Priority Applications (Number Kind Date):** DE 10106169 A ( 20010210)

**Patent Details**

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
DE 10106169	A1		18	F02D-043/04	
WO 200270882	A1	G		F02D-013/02	
Designated States (National): CN JP US					
Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE TR					
US 20030183202	A1			F02D-043/00	
EP 1370757	A1	G		F02D-013/02	Based on patent WO 200270882
Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR					
CN 1461378	A			F02D-013/02	
JP 2004518865	W		77	F02D-013/02	Based on patent WO 200270882
US 6802299	B2			F02D-043/00	Based on patent WO 200270882

**BEST AVAILABLE COPY**

**Abstract:**

DE 10106169 A1

**NOVELTY** The method involves determining demand values relating to fresh gas filling, internal residual gas filling, a torque reduction, a residual gas control strategy and a filling strategy for the engine cylinder, transferring the demand values to a valve controller in synchronism with the crankshaft and controlling the valve drive for the inlet and exhaust valves accordingly..

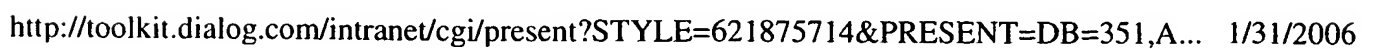
**DETAILED DESCRIPTION INDEPENDENT CLAIMS** are also included for the following: a control arrangement for controlling operation of internal combustion engine.

**USE** For controlling operation of internal combustion engine.

**ADVANTAGE** Enables simple control of an engine with fully variable valve drive.

**DESCRIPTION OF DRAWING(S)** The drawing shows a schematic representation of an inventive engine controller (Drawing includes non-English text)

pp; 18 DwgNo 4/6



Derwent World Patents Index

© 2005 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 14771532



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 06 169 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 D 43/04**  
F 02 D 13/02

21 Aktenzeichen: 101 06 169.2  
22 Anmeldetag: 10. 2. 2001  
43 Offenlegungstag: 14. 8. 2002

DE 101 06 169 A 1

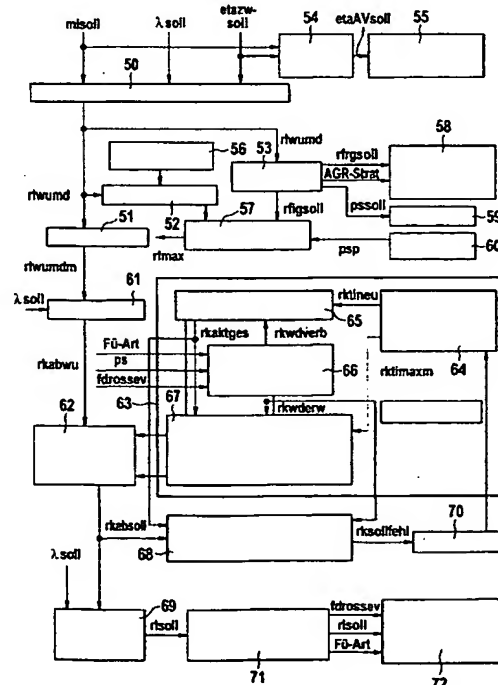
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Gaessler, Hermann, 71665 Vaihingen, DE; Diehl, Udo, 70195 Stuttgart, DE; Mischker, Karsten, 71229 Leonberg, DE; Walter, Rainer, 74385 Pleidelsheim, DE; Rosenau, Bernd, 71732 Tamm, DE; Schiemann, Juergen, Dr., 71706 Markgröningen, DE; Grosse, Christian, 70806 Kornwestheim, DE; Mallebrein, Georg, 70825 Korntal-Münchingen, DE; Beuche, Volker, 70372 Stuttgart, DE; Reimer, Stefan, 71706 Markgröningen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines Betriebs einer Brennkraftmaschine

57 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steueranordnung sowie ein Steuerverfahren für eine Brennkraftmaschine mit einem Zylinder mit einem Einlass- und einem Auslassventil mit voll-variablem Ventiltrieb. In der Steueranordnung der Erfindung ermittelt eine Motorsteuereinrichtung Sollwerte, betreffend eine Frischgasfüllung, eine interne Restgasfüllung, eine Momentenreduktion, eine AGR-Steuerstrategie und eine Füllungsstrategie. Ferner ist eine Übertragungseinrichtung vorgesehen, die die mittels der Motorsteuereinrichtung ermittelten Sollwerte kurbelwinkelsynchron zu einer Ventilsteuereinrichtung überträgt. Die Ventilsteuereinrichtung steuert den voll-variablen Ventiltrieb des Einlass- und des Auslassventils des Zylinders der Brennkraftmaschine auf der Grundlage der von der Motorsteuereinrichtung ermittelten Sollwerte.



DE 101 06 169 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steueranordnung für eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder mit mindestens einem Einlass- und mindestens einem Auslassventil mit zylinderindividuell steuerbarem voll-variablen Ventiltrieb, sowie ein Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder mit mindestens einem Einlass- und mindestens einem Auslassventil mit zylinderindividuell steuerbarem voll-variablen Ventiltrieb.

[0002] Herkömmliche Brennkraftmaschinen weisen eine oder mehrere Nockenwellen zum Steuern der Motorventile mit einer vorgegebenen Ventilerhebungskurve auf. Durch die Auslegung der Nockenwelle wird die Ventilerhebungskurve der Motorventile festgelegt. Eine festgelegte Ventilerhebungskurve für die Einlass- und Auslassventile der Brennkraftmaschine lässt jedoch keinen optimalen Betrieb der Brennkraftmaschine in jedem Betriebszustand zu, da im allgemeinen unterschiedliche Brennkraftmaschinenbetriebszustände unterschiedliche Ventilerhebungskurven erfordern.

[0003] Aufgrund der festen Ventilerhebungskurve ist eine Steuerung von Gaswechseln der Zylinder der Brennkraftmaschine nur begrenzt möglich und kann nicht für alle Betriebszustände optimiert werden. Unter Gaswechsel versteht man das Ausschleichen von Abgas aus einem Brennraum und die Füllung des Brennraumes eines Zylinders der Brennkraftmaschine mit Frischluft, eventuell zugesetztem Kraftstoff und je nach Betriebszustand und der Art der Brennkraftmaschine, einem zurückgeführten Restgas einer vorhergehenden Verbrennung.

[0004] Um den Gaswechsel bei den Zylindern einer Brennkraftmaschine variabel zu steuern sind verschiedene voll-variable Ventiltriebe für die Einlass- und Auslassventile vorgeschlagen worden. Bei dem voll-variablen Ventiltrieb sind die Motorventilvorgänge flexibel. Dies bedeutet, dass die Mengen der in den Zylinder gefüllten Frischluft und des Restgases durch Variieren des Zeitpunktes des Öffnens und/oder Schliessens und/oder der Öffnungs- und/oder Schliessgeschwindigkeit und/oder des Hubes der Einlass- und Auslassventile gesteuert werden. Als voll-variable Ventiltriebe sind beispielsweise eine elektromagnetische Ventilsteuerung EMVS und eine elektrohydraulische Ventilsteuerung EHVS bekannt. Ferner sind mechanische voll-variable Ventiltriebe wie beispielsweise VANOS in Verbindung mit einer Hubsteuerung bekannt.

[0005] Bei EMVS und EHVS ist es zum Betrieb der Brennkraftmaschine nicht erforderlich, eine Nockenwelle vorzusuchen. Somit ist eine Verstellbarkeit, d. h., ein Ausmass der Veränderungsmöglichkeiten der Einlassventil- und Auslassventilöffnungs- und schliesszeiten, des Öffnungshubes und der Öffnungs- und Schliessgeschwindigkeit lediglich durch die mechanische Ausgestaltung der Einlass und Auslassventile sowie der entsprechenden Ventilsteller beschränkt. Dies bedeutet, dass für jedes Arbeitsspiel eines aktuellen Zylinders die Gasfüllung des aktuellen Zylinders unabhängig von einer Gasfüllung eines Zylinders, der in der Zündreihenfolge vor dem Zylinder ist, eingestellt werden kann und unabhängig von einer Gasfüllung des aktuellen Zylinders bei einem vorhergehenden Arbeitsspiel eingestellt werden kann.

[0006] Üblicherweise weist eine Steueranordnung für eine Brennkraftmaschine mit voll-variablen Ventiltrieb eine Motorsteuereinrichtung und eine Ventilsteuereinrichtung auf, die mit einem Software-Bus-System, wie beispielsweise einem CAN-Bus verbunden sind. In der Motorsteuereinrichtung werden beispielsweise auf der Grundlage von

Ausgangssignalen eines Kurbelwinkelsensors, einer Lambdasonde, eines Heiss-Film-Luftmassensensors und eines Saugrohrdrucksensors Ansteuersignale für eine Drosselklappe, ein Einspritzventil, eine Zündkerze sowie für die Ventilsteuereinrichtung ermittelt. Die Ansteuersignale für die Ventilsteuereinrichtung werden über das Software-Bus-System zu der Ventilsteuereinrichtung übertragen. Die Ventilsteuereinrichtung übersetzt die Ansteuersignale in Öffnungs- und Schliesszeitpunkte der Einlass- und Auslassventile, einen Öffnungshub der Einlass- und Auslassventile und eine Öffnungs- bzw. Schliessgeschwindigkeit der Ein- und Auslassventile. Eine bei diesen Steueranordnungen über das Software-Bus-System übertragene Datenmenge ist bei einem Betriebszustand mit Lastwechselvorgängen bei hohen Drehzahlen sehr hoch. Dementsprechend ist es erforderlich, das Software-Bus-System ausreichend gross und für normale Betriebszustände überdimensioniert auszugestalten.

[0007] Fig. 6 zeigt ein Modell, das eine Berechnung einer Wunschfüllung eines Zylinders mit Frischluft zur Realisierung eines Soll-Drehmoments zeigt, wie es beispielsweise in der Bosch-Motorsteuerung ME7 verwendet wird. Mittels eines Sollmoments  $m_{soll}$  und einer Drehzahl  $n_{mot}$  der Brennkraftmaschine als Eingangsgrössen wird aus einem Kennfeld für eine Soll-Füllung des Zylinders unter Berücksichtigung eines Soll-Lambdawirkungsgrades  $\eta_{lamsoll}$  und eines gewünschten Zündwinkelwirkungsgrades  $\eta_{zw}$  eine Frischluft-Wunschfüllung  $rl_{wunsch}$  des Zylinders zur Realisierung eines induzierten Soll-Drehmoments berechnet. Die Wunschfüllung  $rl_{wunsch}$  ist auf 100% bei einer Füllung des Hubvolumens des Zylinders mit Frischluft bei 1.013 mb bei 0°C normiert. Der Eingangswert  $m_{soll}$  ist der Sollwert des induzierten Moments, der auf 100% bei einer Füllung mit 100% Frischluft, einem Lambda  $\lambda = 1.0$  und optimalem Zündwinkel normiert ist. Der Eingangswert  $n_{mot}$  gibt eine Drehzahl der Brennkraftmaschine an.

[0008] Das in Fig. 6 dargestellte Berechnungsmodell zur Berechnung der Wunschfüllung des Zylinders mit Frischluft zur Realisierung eines vorgegebenen Soll-Drehmoments wird heute bei Brennkraftmaschinen mit einer Drosselklappe verwendet. Für Brennkraftmaschinen mit voll-variablen Ventiltrieb ist dieses Berechnungsmodell ungenügend.

[0009] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Steueranordnung für eine Brennkraftmaschine mit voll-variablen Ventiltrieb mit einem einfachen Aufbau und ein einfaches Verfahren zum Steuern eines Betriebs einer Brennkraftmaschine mit einem voll-variablen Ventiltrieb anzugeben.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch eine Steueranordnung mit den in Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmalen sowie mit einem Verfahren mit den in Patentanspruch 10 aufgeführten Merkmalen gelöst.

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0012] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren beschrieben.

[0013] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Steueranordnung der Erfindung mit einer schematischen Darstellung eines Zylinders einer Brennkraftmaschine mit voll-variablen Ventiltrieb;

[0014] Fig. 2 zeigt einen Ventilsteller;

[0015] Fig. 3 zeigt verschiedene Ventilerhebungskurven eines Einlassventils und eines Auslassventils sowie einen Verlauf von Ansteuersignalen eines Einspritzventils und einer Zündspule über dem Kurbelwinkel;

[0016] Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Motorsteuereinrichtung von Fig. 1;

[0017] Fig. 5 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung einer Datenübertragung zwischen der Motorsteuereinrichtung und der Ventilsteuereinrichtung von Fig. 1; und

[0018] Fig. 6 zeigt eine bekannte Umrechnung von induzierten Soll-Drehmomenten in Frischluft-Wunschfüllungen unter Berücksichtigung von Lambdawirkungsgraden und Zündwinkelwirkungsgraden.

[0019] Die Beschreibung des folgenden Ausführungsbeispiels betrifft einen 4-Zylinder Ottomotor mit Saugrohrein-spritzung und voll-variablen Ventiltrieb. Alle Angaben be-treffend Ventilzeitgaben beziehen sich auf den 4-Zylinder Ottomotor des Ausführungsbeispiels. Bei Anwendung der vorliegenden Erfindung auf eine Brennkraftmaschine mit n Zylindern, verschieben sich die angegebenen Zeitgaben in entsprechender Weise.

[0020] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Steueran-ordnung der vorliegenden Erfindung mit einer schemati-schen Darstellung eines Zylinders einer Brennkraftma-schine 1 mit einem voll-variablen Ventiltrieb. In Fig. 1 ist nur ein Zylinder der Brennkraftmaschine 1 dargestellt. Die Bezugsziffer 2 bezeichnet einen Kolben eines Zylinders, der über eine Pleuelstange 3 mit einer schematisch dargestellten Kurbelwelle 4 verbunden ist. Der Kolben 2 begrenzt einen Brennraum des Zylinders. An der Kurbelwelle 4 ist ein Kur-belwinkelsensor 6 angeordnet, der einen Kurbelwinkel der Kurbelwelle 4 erfasst und ein entsprechendes Ausgangssi-gnal ausgibt.

[0021] In dem Brennraum des Zylinders ist eine Zünd-kerze 5 angeordnet. Der Brennraum des Zylinders kann über ein Einlassventil 7 mit Frischluft befüllt werden und über ein Auslassventil 8 entleert werden. Das Einlassventil 7 ist dergestalt angeordnet, dass es eine Einlassöffnung des Zy-linders – je nach Stellung des Einlassventils 7 – verschliesst oder öffnet. Das Auslassventil 8 ist dergestalt angeordnet, dass es eine Auslassöffnung des Zylinders – je nach Stellung des Auslassventils 8 – verschliesst oder öffnet. Ein Luftfluss bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine 1 fließt von ei-nem Saugrohr 13 durch die Einlassöffnung in den Brenn-raum des Zylinders und durch die Auslassöffnung aus dem Brennraum des Zylinders hinaus.

[0022] Das Einlassventil 7 und das Auslassventil 8 wer-den mittels eines Ventilstellers 9 für das Einlassventil 7 und eines Ventilstellers 10 für das Auslassventil 8 geöffnet und geschlossen.

[0023] Die Bezugsziffer 11 bezeichnet eine Hydraulik-druckkammer, die beispielsweise als Common Rail ausge-staltet ist, die mit den Ventilstellern 9 und 10 über Hydraulikverbindungen verbunden ist. Ein in der Hydraulikkam-mer 11 unter Druck gesetztes Hydraulikmedium wird durch die Hydraulikverbindungen an die Ventilsteller 9 und 10 an-gelegt.

[0024] Die Bezugsziffer 12 bezeichnet ein Einspritzventil zum Einspritzen von Kraftstoff in das Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1. Die Bezugsziffer 14 bezeichnet ei-nen Saugrohrdrucksensor und die Bezugsziffer 15 bezeich-net einen Heiss-Film-Luftmassensensor. Der Heiss-Film-Luftmassensensor 15 ist in dem Saugrohr 13 der Brennkraft-maschine 1 in Luftflussrichtung vor einer Drosselklappe 18 angeordnet. Die Drosselklappe 18 ist in dem Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1 angeordnet um einen Luftfluss in das Saugrohr 13 zu steuern. Die Luftflussrichtung in dem Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1 geht von dem Heiss-Film-Luftmassensensor an der Drosselklappe 18 vorbei, an dem Saugrohrdrucksensor 14, der in einer Wand des Saug-rohrs 13 angeordnet ist, vorbei, und an dem Einspritzventil 12 vorbei, das Kraftstoff in das Saugrohr 13 einspritzt. Die mit Kraftstoff versetzte Frischluft wird dann durch das Ein-lassventil 7 in den Brennraum der Brennkraftmaschine 1

eingesaugt, verdichtet, mittels der Zündkerze 5 gezündet und nach einer Aufwärtsbewegung des Kolbens 2 durch das Auslassventil 8, das zu diesem Zweck geöffnet wird, ausge-lassen. Der Auslassluftstrom oder Auspuffluftstrom wird dann an einer Lambdasonde 19 vorbei in einen Auspuff (nicht dargestellt) abgeführt.

[0025] Wenn durch das Einspritzventil 12 Kraftstoff in das Saugrohr 13 eingespritzt wird, wird der überwiegende Teil des eingespritzten Kraftstoffs mit der Frischluft zusammen bei geöffnetem Einlassventil 7 in den Brennraum des Zylinders gesaugt. Ein Teil des Kraftstoffs benetzt jedoch die Wände des Saugrohrs 13 und bildet einen Wandfilm. Ferner legt sich bei einer Füllungsreduktion durch spätes Schlies-sen des Einlassventils 7 der überschüssige Kraftstoff, der aufgrund der Füllungsreduktion nicht in den Brennraum ein-gesaugt wurde, an den Wänden des Saugrohrs 13 an und bil-det einen Wandfilm. Beide Wandfilmarten werden im fol-genden mit Wandfilm bezeichnet.

[0026] Die Bezugsziffer 16 bezeichnet eine Motorsteuer-einrichtung, die als Eingänge die Ausgangssignale des Kur-belwinkelsensors 6, der Lambdasonde 19, des Heiss-Film-Luftmassensensors 15 und des Saugrohrdrucksensors 14 aufweist. Die Motorsteuereinrichtung 16 ist über einen Bus 17, beispielsweise einen CAN-Bus, mit einer Ventilsteuer-einrichtung 20 verbunden. Ferner ist die Motorsteuerein-richtung 16 mit der Drosselklappe 18 verbunden, und steuert die Betätigung der Drosselklappe 18.

[0027] Die Motorsteuereinrichtung 16 ermittelt aus den oben aufgezählten Eingangsgrößen Ansteuersignale für die Drosselklappe 18, das Einspritzventil 12, die Zündkerze 5 sowie für die Ventilsteuereinrichtung 20. Die Ansteuersig-nale für die Ventilsteuereinrichtung 20 werden zu der Ven-tilsteuereinrichtung 20 über den Bus 17 übertragen und be-treffen eine Öffnungs- und Schliesszeit, eine Öffnungs- und Schliessgeschwindigkeit und einen Hub der Einlass- und Auslassventile 7 und 8.

[0028] Die Ventilsteuereinrichtung 20 weist als Eingangs-größen die Ausgangssignale des Kurbelwinkelsensors 6 so-wie die Ansteuersignale der Motorsteuereinrichtung 16 auf, die über den Bus 17 übertragen werden. Als Ausgangssi-gnale gibt die Ventilsteuereinrichtung 20 Ansteuersignale für den Ventilsteller 9 des Einlassventils 7 und für den Ven-tilsteller 10 des Auslassventils 8 dergestalt aus, dass das Ein-lassventil 7 und das Auslassventil 8 entsprechend den von der Motorsteuereinrichtung 16 an die Ventilsteuereinrich-tung 20 übertragenen Ansteuersignalen geöffnet und ge-schlossen werden.

[0029] Obwohl in Fig. 1 eine Drosselklappe 18 in dem Saugrohr 13 vorgesehen ist, ist die vorliegende Erfindung nicht auf eine Brennkraftmaschine 1 mit einer Drossel-klappe 18 beschränkt. Ferner ist die vorliegende Erfindung nicht auf eine nichtaufgeladene Brennkraftmaschine 1 mit Saugrohrein-spritzung, wie in Fig. 1 gezeigt ist, beschränkt, sondern ist auch uneingeschränkt auf eine Mehrzylinder-brennkraftmaschine 1 mit Direkteinspritzung oder Turbo-aufladung anwendbar.

[0030] Im folgenden wird nun mit Verweis auf Fig. 2 ein Aufbau und eine Funktionsweise der Ventilsteller 9 und 10 anhand des Ventilstellers 9 für das Einlassventil 7 beschrie-ben. Obwohl in Fig. 2 als Beispiel einer voll-variablen Ven-tilsteuerung ein elektrohydraulischer voll-variabler Ven-tiltrieb dargestellt ist, ist die vorliegende Erfindung nicht dar-auf beschränkt, sondern ist in gleicher Weise auf alle voll-variablen Ventiltriebe, wie beispielsweise elektromagneti-sche Ventiltriebe anwendbar. Ferner ist die Erfindung auf elektromagnetische Ventilsteuerungen anwendbar, elektro-hydraulische Ventilsteuerungen und mechanische Steuerun-gen wie beispielsweise Vanos in Verbindung mit VVT.

[0031] Die Bezugziffer 21 bezeichnet ein erstes Magnetventil. Das erste Magnetventil 21 ist in einer Hydraulikverbindung 22 zwischen der Hydraulikdruckkammer 11 und einer ersten Kammer 23 in einer Betätigungseinrichtung 24 angeordnet. In der Betätigungseinrichtung 24 ist ein Ventilsitz 25 des Einlassventils 7 angeordnet. Der Ventilsitz 25 ist steif mit dem Einlassventil 7 verbunden. Der Ventilsitz 25 ist in der Betätigungseinrichtung 24 versetzbar angeordnet. Der Ventilsitz 25 trennt die erste Kammer 23 von einer zweiten Kammer 26 in der Betätigungseinrichtung 24.

[0032] Zwischen der zweiten Kammer 26 in der Betätigungseinrichtung 24 und der Hydraulikdruckkammer 11 ist eine zweite Hydraulikverbindung 27 vorgesehen. Die erste Kammer 23 ist ferner über ein zweites Magnetventil 28 mit der Hydraulikdruckkammer 11 durch eine dritte Hydraulikverbindung 29 verbunden.

[0033] Das erste Magnetventil 21 und das zweite Magnetventil 28 sind über Leitungen 30 mit der Ventilsteuereinrichtung 20 verbunden. Die Ventilsteuereinrichtung 20 betätigt das erste Magnetventil 21 und das zweite Magnetventil 28 durch entsprechende Ansteuersignale. Vorzugsweise ist die Ventilsteuereinrichtung ausgestaltet, alle Ventilsteller der Einlass- und Auslassventile 7 und 8 der Brennkraftmaschine 1 zu betätigen.

[0034] Der Betrieb des in Fig. 2 dargestellten Ventilstellers 9 ist wie folgt. Wenn das erste Magnetventil 21 geöffnet ist, strömt von der Hydraulikdruckkammer 11 ein unter Druck stehendes Hydraulikmedium in die erste Kammer 23. Das Hydraulikmedium füllt die erste Kammer 23 und versetzt den Ventilsitz 25, der die erste Kammer 23 von der zweiten Kammer 26 trennt. Dadurch wird das Einlassventil 7 in Fig. 2 nach unten versetzt. Das Einlassventil 7 ist dergestalt angeordnet, dass das Einlassventil 7 in einem nicht dargestellten Ventilsitz in einem Zylinderkopf eines Zylinders der Brennkraftmaschine 1 sitzt, wenn der Ventilsitz in Fig. 2 ganz oben ist, d. h. kein Hydraulikmedium in der ersten Kammer 23 ist, also die erste Kammer 23 einen minimalen Raum aufweist und die zweite Kammer 26 einen maximalen Raum aufweist. In dieser Position verschliesst das Einlassventil 7 die Einlassöffnung des Brennraums des Zylinders. Wenn die erste Kammer 23 mit dem Hydraulikmedium gefüllt wird, wird das Einlassventil 7 aus dem Ventilsitz heraus in den Brennraum des Zylinders versetzt, und die Einlassöffnung des Zylinders geöffnet. Wenn ein gewünschter Ventilhub erreicht ist, wird das erste Magnetventil 21 geschlossen.

[0035] Zum Schliessen des Einlassventils 7 wird das zweite Magnetventil 28 geöffnet, so dass das in der ersten Kammer 23 befindliche Hydraulikmedium durch das geöffnete zweite Magnetventil 28 zu einem Sammler (nicht dargestellt) zurückfliessen kann. Das von der Hydraulikdruckkammer 11 unter Druck an die zweite Kammer 26 angelegte Hydraulikmedium strömt dann in die zweite Kammer 26 und versetzt damit den Ventilsitz 25 in Fig. 2 nach oben. Damit wird das Einlassventil 7 in den Ventilsitz zurückversetzt und die Einlassöffnung des Brennraums verschlossen. Eine Öffnungs- und Schliessgeschwindigkeit des Einlassventils 7 wird durch den Druck gesteuert, mit dem die Hydraulikdruckkammer 11 das Hydraulikmedium dem Ventilsteller 9 zuführt.

[0036] Ventilsteller dieser Art ermöglichen für jedes Auslass- und jedes Einlassventil 8 und 7 der Brennkraftmaschine 1 eine individuelle Ventilansteuerung.

[0037] Fig. 3 zeigt ein Diagramm das Ventilerhebungskurven eines Einlassventils 7 und eines Auslassventils 8 eines Zylinders über dem Kurbelwinkel  $\alpha$  darstellt, wie sie mittels der Motorsteuereinrichtung 16 durch Ansteuerung der Ventilsteuereinrichtung 20, und mittels der Ventilsteuer-

einrichtung 20 durch Ansteuerung der ersten und zweiten Magnetventile 21 und 28 der Ventilsteller 9 und 10 realisiert werden. Fig. 3 zeigt ferner einen Verlauf eines Ansteuersignals  $t_i$  des Einspritzventils 12 der mit der Bezugziffer 44 bezeichnet ist und einen Verlauf eines Ansteuersignals  $t_z$  einer Zündspule, die die erforderliche Zündspannung an die Zündkerze 5 anlegt, der mit der Bezugziffer 45 bezeichnet ist.

[0038] Entlang den Abszissen des Diagramms von Fig. 3 ist der Kurbelwinkel  $\alpha$  der Brennkraftmaschine 1 in Kurbelwinkleinheiten [°KW] angetragen. Entlang der Ordinate des Diagramms von Fig. 3 ist der Ventilhub des Auslassventils 8 und des Einlassventils 7 eines Zylinders der Brennkraftmaschine 1 angetragen, sowie Amplituden des Ansteuersignals  $t_i$  des Einspritzventils 12 und des Ansteuersignals  $t_z$  der Zündspule der Brennkraftmaschine 1.

[0039] Die Bezugziffer 37 bezeichnet einen durchgezogenen Graph der eine Ventilerhebungskurve des Auslassventils 8 des Zylinders darstellt. Die Bezugziffer 38 bezeichnet einen durchgezogenen Graph der eine Ventilerhebungskurve des Einlassventils 7 des Zylinders der Brennkraftmaschine 1 darstellt. Die Bezugziffer 39 bezeichnet eine gestrichelte Linie die eine Veränderung der Ventilerhebungskurve 37 des Auslassventils 8 darstellt. Im Vergleich zu der Ventilerhebungskurve 37 wurde bei dem Graph 39 der Öffnungswinkel des Auslassventils 8 nach hinten verschoben, wodurch das indizierte Drehmoment des vorhergehenden Arbeitsspiels dieses Zylinders verringert wird. Damit wird nachträglich eine Verringerung des indizierten Moments des Zylinders des vorhergehenden Arbeitsspiels möglich. Dies wird auch als Momentenreduktion bezeichnet.

[0040] Die Bezugziffer 40 bezeichnet eine weitere Veränderungsmöglichkeit der Ventilerhebungskurve 37. Die gestrichelte Linie 40 stellt eine Ventilerhebungskurve dar, bei der im Vergleich zu der Ventilerhebungskurve 37 der Schliesswinkel des Auslassventils 8 nach vorne verschoben worden ist. Durch Verschiebung des Schliesswinkels des Auslassventils 8 ist eine Steuerung einer internen Restgasfüllung in dem Zylinder möglich. Die interne Restgasfüllung bezeichnet eine Menge eines Verbrennungsabgases einer vorhergehenden Verbrennung des vorhergehenden Arbeitsspiels dieses Zylinders, das nicht durch das Auslassventil 8 in den Auspuff ausgeschoben wurde, sondern für die kommende Verbrennung in dem augenblicklichen Arbeitsspiel in dem Brennraum des Zylinders verbleibt. Die Bezugziffer 41 bezeichnet eine Veränderungsmöglichkeit bei der Ventilerhebungskurve 38 des Einlassventils 7. Die gestrichelte Linie 41 bezeichnet eine Veränderung der Ventilerhebungskurve 38 dergestalt, dass der Öffnungswinkel des Einlassventils 7 nach hinten verschoben worden ist. Durch die Verschiebung des Einlassventil-Öffnungswinkels des Einlassventils 7 nach hinten in Verbindung mit einer Verschiebung des Schliesswinkels des Auslassventils 8 ist es in stärkerem Masse als mit dem Verschieben des Schliesswinkels des Auslassventils 8 alleine möglich die interne Restgasfüllung des Zylinders zu steuern.

[0041] Die Graphen 42 und 43 zeigen weitere Veränderungsmöglichkeiten der Einlassventilerhebungskurve 38. Der gestrichelte Graph 42 stellt eine Verschiebung des Einlassventil-Schliesst-Zeitpunktes nach vorne dar und der gestrichelte Graph 43 stellt eine Verschiebung des Einlassventil-Schliesst-Zeitpunktes nach hinten dar. Durch die Veränderung des Einlassventil-Schliesst-Zeitpunktes kann die Gasfüllung des Zylinders gesteuert werden. Die in der Fig. 3 dargestellten Ventilerhebungskurven werden von der Ventilsteuereinrichtung 20 durch entsprechende Ansteuerung der Ventilsteller 9 und 10 des entsprechenden Einlassventils 7 und des entsprechenden Auslassventils 8, wie anhand von



Fig. 2 erläutert worden ist, realisiert.

[0042] Die Bezugsziffer 44 bezeichnet einen Verlauf eines Ansteuersignals  $t_i$  des Einspritzventils 12. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, wird das Einspritzventil 12 vor der Öffnung des Einlassventils 7 so angesteuert, dass es vor dem Öffnen des Einspritzventils 7 geöffnet und geschlossen wird. Die Zeitdauer zwischen dem Schliessen des Einspritzventils 12 und dem Öffnen des Einlassventils 7 wird als "max. erlaubte Flugzeit" oder kurz "Flugzeit" bezeichnet. Die Flugzeit bezeichnet die Zeitdauer, die erforderlich ist, dass der Kraftstoff nach dem Einspritzen mittels des Einspritzventils 12 durch einen Abschnitt des Saugrohrs 13 transportiert wird und durch das Einlassventil 7 in den Brennraum eingelassen wird.

[0043] Die Bezugsziffer 45 bezeichnet einen Verlauf eines Ansteuersignals  $t_i$  zue einer Zündspule der Brennkraftmaschine 1. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, ist die Amplitude des Ansteuersignals  $t_i$  zue bis auf einen Winkelbereich vor dem oberen Totpunkt der Zündung ZOT null. In dem Winkelbereich vor ZOT wird die Zündspule mittels des Ansteuersignals  $t_i$  dergestalt angesteuert, dass sie der Zündkerze 5 zum erforderlichen Zeitpunkt die Zündspannung zur Verfügung stellt.

[0044] Fig. 3 stellt ferner den zeitlichen Kontext dar, in dem das Einlassventil 7 und das Auslassventil 8 zu öffnen und zu schliessen sind und das Einspritzventil 12 und die Zündspule zu betätigen sind. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, beginnt der Einspritzvorgang des Zylinders mit dem Bestromen des Einspritzventils 12 mittels des Ansteuersignals  $t_i$ . Die Länge des Ansteuersignals  $t_i$  und damit die Länge der Öffnung des Einspritzventils bestimmt die in das Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzte Kraftstoffmenge. Der Winkel bzw. der Zeitpunkt des Einspritzendes des Einspritzventils wird vorzugsweise festgehalten, so dass der Beginn der Einspritzung und damit der Beginn der Ansteuerung des Einspritzventils 12 die vorgelagerte Kraftstoffmenge bestimmt. Ein Winkelbetrag zwischen dem Schliessen des Einlassventils 12 und dem Schliessen des Einlassventils 7 muss ausreichend sein, dass unter Berücksichtigung der Flugzeit des eingespritzten Kraftstoffes nach dem Abschalten des Einspritzventils 12 der abgespritzte Kraftstoff noch in den Brennraum des Zylinders angesaugt werden kann.

[0045] Einen kurzen Winkelbetrag nach der Bestromung des Einspritzventils 12 mittels des Ansteuersignals  $t_i$  wird das Auslassventil 8 der Brennkraftmaschine 1 geöffnet, wie mittels des Graph 37, der die Ventilerhebungskurve des Auslassventils 8 darstellt, gezeigt ist. Der Öffnungszeitpunkt bzw. der Öffnungswinkel des Auslassventils 8 hat in erster Linie Einfluss auf das induzierte Moment des vorhergehenden Arbeitsspiels. Durch Veränderung des Öffnungswinkels ist rückwirkend eine Verringerung eines Momentenbeitrags des Zylinders in dem vorhergehenden Arbeitsspiel zum Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 möglich. Bei einem sehr frühen Öffnen des Auslassventils wird die Verbrennungsenergie nicht optimal in Bewegungsenergie umgesetzt. Wie anhand von Fig. 2 erläutert worden ist, steuert die Ventilsteuereinrichtung 20 das Öffnen des Auslassventils durch Bestromen des ersten Magnetventils 21 des Ventilstellers 10 des Auslassventils 8. Der Hub des Auslassventils wird durch die Länge des Ansteuerimpulses des ersten Magnetventils 21 bestimmt.

[0046] Der Schliesszeitpunkt des Auslassventils 8 wird von der Ventilsteuereinrichtung 20 durch Ansteuerung des zweiten Magnetventils 28 des Ventilstellers 10 des Auslassventils 8 bewirkt. Der Schliesszeitpunkt des Auslassventils hat Einfluss auf eine interne Restgasfüllung des Zylinders, d. h., auf eine Menge des Restgases einer vorhergehenden

Verbrennung in dem Zylinder, die nicht durch die Auslassöffnung in den Auspuffausgeschoben wird sondern für die folgende Verbrennung in den Brennraum des Zylinders verbleibt.

[0047] Fig. 3 ist ferner zu entnehmen, dass Zeitgaben für die Einspritzung, d. h. insbesondere der Einspritzbeginn und das Einspritzende in dem Arbeitsspiel, früh festzulegen sind. Dies gilt insbesondere bei hohen Drehzahlen, wo die Einspritzdauer einen Winkelbereich von mehreren hundert Grad über den Kurbelwinkel überstreichen kann. Ferner ist ersichtlich, dass, wenn das gewünschte Einspritzende nicht auf den spätestmöglichen Zeitpunkt festgelegt wird, d. h., kurz vor dem Schliessen des Einlassventils, unter Berücksichtigung der Flugzeit des Kraftstoffs durch Verlängerung der Einspritzung durch Schieben des Einspritzendes nach spät die eingespritzte Kraftstoffmenge erhöht werden kann. Einmal abgespritzter Kraftstoff kann jedoch nicht mehr rückgängig gemacht werden. Damit begrenzt ein früher Einspritzbeginn eine hohe Dynamik bei einer Kraftstoffmengenreduzierung zur Erzielung einer Drehmomentenverringern.

[0048] Ferner ist der Öffnungszeitpunkt des Auslassventils 8 zu bestimmen. Mit dem Öffnungszeitpunkt des Auslassventils 8 ist der Hub des Auslassventils festzulegen. Der Hub wird dergestalt festgelegt, dass der Hub des Auslassventils 8 gross genug ist, um bei einer gegebenen Füllung und Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 ein komplettes Ausströmen des Restgases der Verbrennung zu ermöglichen.

[0049] Durch Abstimmung des Schliesszeitpunktes des Auslassventils 8 und des Öffnungszeitpunktes des Einlassventils 7 wird eine interne Abgasrückführung realisiert.

[0050] Damit wird die interne Restgasfüllung des Zylinders bestimmt.

[0051] Eine weitere entscheidende Steuergrösse ist der Hub des Einlassventils 7. In Verbindung mit dem Schliesszeitpunkt des Einlassventils 7 bestimmt der Schliesszeitpunkt des Einlassventils 7 eine Einstromgeschwindigkeit des Gasgemisches aus dem Saugrohr 13 in den Brennraum des Zylinders.

[0052] Der Schliesszeitpunkt des Einlassventils 7 beeinflusst in Verbindung mit dem Hub des Einlassventils und dem Saugrohrdruck in dem Saugrohr 13 vor allem die Frischluftfüllung des Zylinders. Das letzte Ereignis in Fig. 3 ist das Aufladen der Zündspule mittels des Ansteuersignals  $t_i$ . Bei hohen Drehzahlen kann ein früherer Start der Aufladung nötig werden. Durch das Ende der Aufladung der Zündspule wird der Zündzeitpunkt festgelegt.

[0053] Das Ansteuersignal  $t_i$  des Einspritzventils wird von der Motorsteuereinrichtung 16 direkt an das Einspritzventil 12 angelegt. Das Ansteuersignal  $t_i$  zue der Zündspule wird von der Motorsteuereinrichtung 16 direkt an die Zündspule der Brennkraftmaschine 1 angelegt.

[0054] Nun wird mit Verweis auf Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel der Motorsteuereinrichtung 16, die Übertragung von Ansteuersignalen von der Motorsteuereinrichtung 16 über den Bus 17 zu der Ventilsteuereinrichtung 20 und die Ansteuerung der Ventilsteller 9 und 10 mittels der Ventilsteuereinrichtung 20 weiter beschrieben.

[0055] Die Bezugsziffer 50 in Fig. 4 bezeichnet eine Wunschfüllungsbestimmungseinrichtung. Die Wunschfüllungsbestimmungseinrichtung 50 berechnet eine Wunschfüllung  $rl_{wund}$  für einen Zylinder der Brennkraftmaschine 1 aus einem Soll-Drehmoment  $msoll$ , einem Soll-Lambda der Verbrennung  $\lambda$  soll und einem Soll-Zündwinkelwirkungsgrad  $etazwsoll$ .

[0056] Die Wunschfüllung  $rl_{wund}$  bezeichnet eine Gasfüllung eines Zylinders in einem Arbeitsspiel. Die Gasfüllung

lung besteht aus Frischluft und eventuell einem Restgas einer vorhergehenden Verbrennung. Das Soll-Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 bezeichnet ein induziertes Drehmoment, das mit einer Leistungsvorgabeinrichtung wie beispielsweise einem Gaspedal bei einem Kraftfahrzeug vorgegeben und an die Wunschfüllungsbestimmungseinrichtung 50 ausgegeben wird. Das Soll-Lambda der Verbrennung  $\lambda$  soll ist eine Grösse, die in der Motorsteuereinrichtung 16 hinsichtlich eines mageren, eines fetten oder eines stöchiometrischen Betriebszustandes der Brennkraftmaschine 1 eingestellt wird. Der Soll-Zündwinkelwirkungsgrad  $\eta_{zwsoll}$  bezeichnet den Einfluss des Sollzündwinkels eines Zylinders relativ zu dem Kurbelwinkel der Brennkraftmaschine 1 auf die Umwandlung von chemischer Energie in Bewegungsenergie. Der Soll-Zündwinkelwirkungsgrad wird von der Motorsteuereinrichtung 16 abhängig beispielsweise von der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 oder einem erfassten Klopfen verändert. Die Wunschfüllungsbestimmungseinrichtung 50 ermittelt die Wunschfüllung  $rlw_{umd}$  in gleicher Weise wie die Bosch-Motorsteuerung ME7, wie anhand von Fig. 6 beschrieben worden ist. Die Wunschfüllungsbestimmungseinrichtung 50 gibt die Wunschfüllung  $rlw_{umd}$  an eine erste Minimumsbestimmungseinrichtung 51, eine Hubabschätzungseinrichtung 52 und eine Soll-AGR-Füllungs- und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53 aus.

[0057] Die Bezugsziffer 54 bezeichnet eine Momentenreduktionseinrichtung zur Momentenreduktion über ein frühes Öffnen des Auslassventils (AV). Die Momentenreduktionseinrichtung 54 ermittelt auf der Grundlage des Sollmoments  $misoll$  und des Soll-Zündwinkelwirkungsgrades  $\eta_{zwsoll}$  einen Soll-Hochdruckwirkungsgrad  $\eta_{AVsoll}$ . Die Momentenreduktionseinrichtung 54 gibt den Soll-Hochdruckwirkungsgrad  $\eta_{AVsoll}$  an eine erste Übertragungseinrichtung 55 aus, die den Soll-Hochdruckwirkungsgrad  $\eta_{AVsoll}$  an einem ersten Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 über den Bus 17 zu der Ventilsteuereinrichtung 20 überträgt. Die Ventilsteuereinrichtung 20 ermittelt auf der Grundlage des Soll-Hochdruckwirkungsgrades  $\eta_{AVsoll}$  einen Auslass-Öffnet-Zeitpunkt des Auslassventils 8 des Zylinders und steuert das erste Magnetventil 21 des Ventilstellers 10 entsprechend an. Auf diese Weise kann durch ein frühes Öffnen des Auslassventils 8 eine Hochdruckarbeit in dem Zylinder abgebaut werden, indem Druck aus dem Zylinder durch die Auslassöffnung in den Auspuff ausgelassen wird. Auf diese Weise wird ein Momentenbetrag dieses Zylinders zum Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 und damit das Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 verringert. Deshalb wird der Soll-Hochdruckwirkungsgrad  $\eta_{AVsoll}$  auch als Sollwert betreffend eine Momentenreduktion des Zylinders bezeichnet.

[0058] Die Übertragung der ersten Übertragungseinrichtung 55 findet synchron zu einem ersten kurbelwinkelsynchronen Synchronisations-Raster der Motorsteuereinrichtung 16 statt. Dieses erste kurbelwinkelsynchrone Synchronisations-Raster ermittelt die Motorsteuereinrichtung 16 auf der Grundlage des Ausgangssignals des Kurbelwinkelsensors 6. Das erste kurbelwinkelsynchrone Synchronisations-Raster weist zumindest den ersten Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 auf, einen zweiten Synchronisationszeitpunkt Synchro 2, einen dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3, einen vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4, einen fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5, einen sechsten Synchronisationszeitpunkt Synchro 6 und einen siebten Synchronisationszeitpunkt Synchro 7. Die Motorsteuereinrichtung 16 bestimmt die Synchronisationszeitpunkte dergestalt, dass der erste Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 einen vorbestimmten Winkelbetrag vor dem o-

ren Zündtotpunkt ZOT des entsprechenden Zylinders der Brennkraftmaschine 1 ist. Dieser vorbestimmte Winkelbetrag ist beispielsweise  $72^\circ$  KW vor dem oberen Zündtotpunkt des entsprechenden Zylinders der Brennkraftmaschine 1. Die Synchronisationszeitpunkte Synchro 1 bis Synchro 7 weisen voneinander jeweils einen Abstand von einem weiteren vorbestimmten Winkelbetrag auf. Dieser weitere vorbestimmte Winkelbetrag ist bei der 4-Zylinder Brennkraftmaschine des vorliegenden Ausführungsbeispiels vorzugsweise  $180^\circ$  KW. Bei mehrzylindrigen Brennkraftmaschinen ist dieser Abstand entsprechend anzupassen. Bei einer Brennkraftmaschine 1 mit  $n$  Zylindern beträgt dieser vorbestimmte Winkelbetrag vorzugsweise  $720^\circ/n$ . Die Datenübertragung der Übertragungseinrichtung 55 über den Bus 17 zur Ventilsteuereinrichtung 20 findet synchron zu dem aktuellen kurbelwinkelsynchronen Synchronisations-Raster der Motorsteuereinrichtung 20 statt. In anderen Worten bedeutet dies, dass die Datenübertragung jeweils an den Synchronisationszeitpunkten Synchro 1 bis Synchro 7 stattfindet und noch für den nächsten zu zündenden Zylinder berücksichtigt werden kann.

[0059] Bei Empfang des Soll-Hochdruckwirkungsgrades  $\eta_{AVsoll}$  in der Ventilsteuereinrichtung 20 an einem ersten Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 eines zweiten Synchronisations-Rasters der Ventilsteuereinrichtung 20 ermittelt die Ventilsteuereinrichtung 20 auf der Grundlage des Soll-Hochdruckwirkungsgrades  $\eta_{AVsoll}$  den Öffnungszeitpunkt des Auslassventils 8 und steuert den Ventilsteller 10 des Auslassventils 8 entsprechend an.

[0060] Die Hubabschätzungseinrichtung 52 ermittelt eine Abschätzung eines Maximalhubes des Einlassventils 7 und des Auslassventils 8, der mittels der Ventilsteller 9 und 10 erzielt werden kann. Die Hubabschätzungseinrichtung 52 ermittelt die Abschätzung des Maximalhubes auf der Grundlage eines Ausgangssignals von einer Hydraulikmediumdruckbestimmungseinrichtung 56 in der Ventilsteuereinrichtung 20, das über den Bus 17 zu der Motorsteuereinrichtung 16 übertragen wird. Die Hydraulikmediumdruckbestimmungseinrichtung 56 ermittelt das zu der Motorsteuereinrichtung 16 übertragene Ausgangssignal auf der Grundlage eines aktuellen Hydraulikmediumdrucks in der Druckversorgungseinrichtung 11. Dieses Ausgangssignal wird von Ventilsteuereinrichtung 20 synchron zu dem zweiten kurbelwinkelsynchronen Synchronisations-Raster der Ventilsteuereinrichtung 20 übertragen.

[0061] Das zweite kurbelwinkelsynchrone Synchronisations-Raster der Ventilsteuereinrichtung 20 entspricht dem ersten Synchronisations-Raster der Motorsteuereinrichtung 16, ausser, dass das zweite Synchronisations-Raster dem ersten Synchronisations-Raster um einen vorbestimmten Winkelbetrag nacheilt. Der Winkelbetrag, um das das zweite kurbelwinkelsynchrone Synchronisations-Raster der Ventilsteuereinrichtung 20 den ersten kurbelwinkelsynchronen Synchronisations-Raster der Motorsteuereinrichtung 16 nacheilt, ist dergestalt zu bestimmen, dass eine Übertragungszeit der entsprechenden Signale über den Bus 17 auch bei der höchsten Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 kleiner als der vorbestimmte Winkelbetrag zwischen dem ersten Synchronisations-Raster und dem zweiten Synchronisations-Raster ist. Damit ist sichergestellt, dass die übertragenen Signale genau um den vorbestimmten Winkelbetrag nach dem Absenden von der Motorsteuereinrichtung 16 bei der Ventilsteuereinrichtung 20 empfangen werden, die darauf Ansteuersignale für das erste und das zweite Magnetventil 21 und 28 der Ventilsteller 9 und 10 des Einlass- und Auslassventils 7 und 8 ermittelt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist dieser vorbestimmte Winkelbetrag vorzugsweise  $90^\circ$ . Bei einer Brennkraftmaschine 1 mit  $n$  Zylindern beträgt dieser

vorbestimmte Winkelbetrag vorzugsweise  $720^\circ/(2 \cdot n)$ . Die Ventilsteuereinrichtung 20 ermittelt das zweite Synchronisations-Raster auf der Grundlage des Ausgangssignals des Kurbelwinkelsensors 6.

[0062] Die Hubabschätzungseinrichtung 52 gibt ein Signal ab, das eine Abschätzung betreffend den Maximalhub des Einlassventils 7 und des Auslassventils 8 ist und an eine Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57 weitergeleitet wird.

[0063] Die Soll-AGR-Füllung und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53 bestimmt auf der Grundlage der Wunschfüllung  $rw_{umd}$ , deren Realisierbarkeit bei der nächsten Absaugung zu diesem Zeitpunkt noch ungewiss ist, einen Sollwert für die interne Restgasfüllung  $rfrgsoll$  entsprechend dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine 1. Ferner ermittelt die Soll-AGR-Füllung und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53 eine Restgas-Steuerstrategie AGR-Strat, passend zu dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine 1. Die Soll-AGR-Füllung und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53 überträgt die interne Restgasfüllung  $rfrgsoll$  und die Restgas-Steuerstrategie AGR-Strat an eine zweite Übertragungseinrichtung 58.

[0064] Die zweite Übertragungseinrichtung 58 überträgt die interne Restgasfüllung  $rfrgsoll$  und die Restgas-Steuerstrategie AGR-Strat an die Ventilsteuereinrichtung 20. Diese Übertragung findet für den aktuellen Zylinder erstmalig an dem fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 vor dem entsprechenden Synchronisations-Rasters des Zylinders statt. Wenn die zweite Übertragungseinrichtung 58 erfasst, dass zu dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4, der dem fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 folgt, eine im Vergleich zum fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 veränderte interne Restgasfüllung  $rfrgsoll$  und/oder Restgassteuerstrategie AGR-Strat an ihrem Eingang anliegt, überträgt die zweite Übertragungseinrichtung 58, die veränderte bzw. aktualisierte interne Restgasfüllung  $rfrgsoll$  und/oder die veränderte bzw. aktualisierte Restgassteuerstrategie AGR-Strat an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 zu der Ventilsteuereinrichtung 20. Auf diese Weise stellt die zweite Übertragungseinrichtung 58 sicher, dass nur dann, wenn die interne Restgasfüllung  $rfrgsoll$  oder die Restgas-Steuerstrategie AGR-Strat verändert bzw. aktualisiert worden ist, eine zweite Übertragung dieser Werte über den Bus 17 zu der Ventilsteuereinrichtung 20 stattfindet. Somit wird eine minimale Datenübertragungsrate bei best möglicher Aktualisierung über den Bus 17 gewährleistet.

[0065] Nach dem Empfang des Sollwerts der internen Restgasfüllung  $rfrgsoll$  und der Restgassteuerstrategie AGR-Strat in dem vierten und/oder fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 4/5 des zweiten Synchronisations-Rasters der Ventilsteuereinrichtung 20, ermittelt die Ventilsteuereinrichtung 20 auf der Grundlage des Sollwerts des internen Restgases  $rfrgsoll$  und der Restgassteuerstrategie AGR-Strat den Schliesszeitpunkt des Auslassventils 8 und den Öffnungszeitpunkt des Einlassventils 7 und steuert das zweite Magnetventil 28 des Ventilstellers 10 des Auslassventils 8 und das erste Magnetventil 21 des Ventilstellers 9 des Einlassventils 7 entsprechend an.

[0066] Die Soll-AGR-Füllung und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53 ermittelt ferner auf der Grundlage der Wunschfüllung  $rw_{umd}$  einen Sollwert  $psoll$  für den Saugrohrdruck in dem Saugrohr 13 und übermittelt den Sollwert  $psoll$  an eine Drosselklappenansteuereinrichtung 59, die auf der Grundlage des Sollwerts  $psoll$  die Drosselklappe 18 in dem Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1 ansteuert.

[0067] Ferner ermittelt die Soll-AGR-Füllung und Soll-

Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53 auf der Grundlage der Wunschfüllung  $rw_{umd}$  einen Inertgas-Sollwert  $rfgsoll$  für die folgende Gasfüllung des Zylinders und gibt diesen Wert an die Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57 aus.

[0068] Die Bezugssziffer 60 bezeichnet eine Saugrohrdruckprädiktionseinrichtung, die eine Abschätzung für den Saugrohrdruck  $psp$  an dem Schliesszeitpunkt des Einlassventils 7 ermittelt. Dieser abgeschätzte Saugrohrdruck  $psp$  wird in der Saugrohrdruckprädiktionseinrichtung 60 vorzugsweise auf der Grundlage des Schliesszeitpunkts des Einlassventils 7 und der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 aus einem Kennfeld ausgelesen. Die Abschätzung des Saugrohrdrucks  $psp$  wird an die Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57 ausgegeben.

[0069] Die Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57 ermittelt eine maximal bei dem Zylinder in dem nächsten Arbeitsspiel zu realisierende Frischluftfüllung  $rl_{max}$ . Die Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57 ermittelt die maximal realisierbare Frischluftfüllung  $rl_{max}$  auf der Grundlage des Ausgangssignals der Hubabschätzungseinrichtung 52, des Inertgas-Sollwerts  $rfgsoll$  der von der Soll-AGR-Füllung und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53 ausgegeben wird und der Abschätzung des Saugrohrdrucks  $psp$  der von der Saugrohrdruckprädiktionseinrichtung 60 ausgegeben wird. Die Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57 ermittelt die maximal realisierbare Frischluftfüllung  $rl_{max}$  vorzugsweise durch Auslesen der maximal realisierbaren Frischluftfüllung  $rl_{max}$  aus einem Kennfeld anhand der Eingangsgrößen der Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57. Die Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57 gibt die maximal realisierbare Frischluftfüllung  $rl_{max}$  an die erste Minimumbestimmungseinrichtung 51 aus.

[0070] Die erste Minimumbestimmungseinrichtung 51 ermittelt eine mögliche Wunschfüllung  $rw_{umd}$  unter Berücksichtigung der maximal realisierbaren Frischluftfüllung  $rl_{max}$  und der Wunschfüllung  $rw_{umd}$ . Die erste Minimumbestimmungseinrichtung 51 ermittelt die realisierbare bzw. mögliche Wunschfüllung  $rw_{umd}$ , indem sie ermittelt, welche der beiden Eingangsgrößen  $rw_{umd}$  und  $rl_{max}$  die kleinere ist. Dann gibt sie die kleinere der Wunschfüllung  $rw_{umd}$  und der maximal realisierbaren Frischluftfüllung  $rl_{max}$  als mögliche Wunschfüllung  $rw_{umd}$  an eine erste Bestimmungseinrichtung 61 aus.

[0071] Die erste Bestimmungseinrichtung 61 ermittelt einen Wunschwert eines abzusaugenden Kraftstoffs  $rkabw$  aus der möglichen Wunschfüllung  $rw_{umd}$  und aus dem gewünschten Soll-Lambda der Verbrennung  $\lambda_{soll}$ . Statt der in Fig. 4 verwendeten Grösse  $\lambda_{soll}$  für das gewünschte Lambda der Verbrennung kann auch der gewünschte Lambdawirkungsgrad  $\eta_{\lambda_{soll}}$  verwendet werden.

[0072] Die erste Bestimmungseinrichtung 61 gibt den Wunschwert für den abzusaugenden Kraftstoff  $rkabw$  an eine zweite Bestimmungseinrichtung 62 aus. Der Wunschwert des abzusaugenden Kraftstoffs  $rkabw$  gibt an, welche Menge des in das Saugrohr 13 eingespritzten Kraftstoffs bei dem Ansaugvorgang in den Zylinder abzusaugen ist.

[0073] Die Bezugssziffer 63 bezeichnet eine Kraftstoffermittlungseinrichtung. Die Kraftstoffermittlungseinrichtung 63 umfasst eine Einspritzbeobachtungseinrichtung 64, eine zweite Bestimmungseinrichtung 65, eine Wandfilmereitlungseinrichtung 66, eine dritte Bestimmungseinrichtung 67 und eine vierte Bestimmungseinrichtung 68.

[0074] Die Kraftstoffermittlungseinrichtung 63 ermittelt eine minimale bei einer folgenden Absaugung aus dem Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1 abgesaugte Kraft-

stoffmenge  $r_{kabmin}$  und eine maximal bei der folgenden Absaugung aus dem Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1 abgesaugte Kraftstoffmenge  $r_{kabmax}$ . Die minimale abzugsaugende Kraftstoffmenge  $r_{kabmin}$  und die maximale bei der folgenden Absaugung aus dem Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1 abzugsaugende Kraftstoffmenge  $r_{kabmax}$  geben einen Kraftstoffmengenbereich an, der sich bei der nächsten Absaugung im Brennraum des Zylinders befinden kann. Der Aufbau und die Funktionsweise der Kraftstoffermittlungseinrichtung 63 wird im folgenden beschrieben.

[0075] Die Kraftstoffermittlungseinrichtung 63 umfasst die Einspritzmengenermittlungseinrichtung 64, die mit der zweiten Bestimmungseinrichtung 65 und einer dritten Bestimmungseinrichtung 67 verbunden ist. Ferner ist die Wandfilmermittlungseinrichtung 66 vorgesehen, die mit der zweiten Bestimmungseinrichtung 65 und der dritten Bestimmungseinrichtung 67 verbunden ist. Die zweite Bestimmungseinrichtung 65 ist ebenfalls mit der dritten Bestimmungseinrichtung 67 verbunden.

[0076] Die Einspritzmengenermittlungseinrichtung 64 ermittelt auf der Grundlage des Ansteuersignals  $t_i$  des Einspritzventils 12 des Zylinders der Brennkraftmaschine 1 eine seit einem vorhergehenden Schliessen des Einlassventils 7 (in dem vorhergehenden Arbeitsspiel) in das Saugrohr 13 des Zylinders eingespritzte Kraftstoffmenge  $r_{ktineu}$  und eine noch bis zum Schliessen des Einspritzventils 12 einzuspritzende Kraftstoffmenge  $r_{ktimaxm}$ . In anderen Worten gibt die Kraftstoffmenge  $r_{ktineu}$  die aktuelle nach dem letzten Schliessen des Einlassventils 7 über das Einspritzventil 12 in das Saugrohr 13 abgespritzte Kraftstoffmenge an und die Kraftstoffmenge  $r_{ktimaxm}$  gibt die noch bis zum Schliessen des Einspritzventils 12 abspritzbare Kraftstoffmenge unter Berücksichtigung der Flugzeit des Kraftstoffs an. Die Einspritzmengenbestimmungseinrichtung 64 gibt die Kraftstoffmenge  $r_{ktineu}$  an die zweite Bestimmungseinrichtung 65 aus und die Kraftstoffmenge  $r_{ktimaxm}$  an die dritte Bestimmungseinrichtung 67.

[0077] Die Wandfilmermittlungseinrichtung 66 ermittelt auf der Grundlage einer Füllungsart Fü-Art, mit der der Zylinder der Brennkraftmaschine 1 betrieben wird, einem Istwert  $p_s$  des Saugrohrdrucks in dem Saugrohr 13 der Brennkraftmaschine 1, der mittels des Saugrohrdrucksensors 14 ermittelt wird und einem Faktor  $f_{drossev}$  für die Drosselung der Brennkraftmaschine 1 bei der Füllungssteuerung einen nach einem vorhergehenden Schliessen des Einlassventils 7 in dem Saugrohr 13 des Zylinders verbleibenden Wandfilm  $r_{kwverb}$  und einen nach einem kommenden Schliessen des Einlassventils 7 des Zylinders zu erwartenden Wandfilm  $r_{kwderw}$ .

[0078] Die Füllungsart Fü-Art der Brennkraftmaschine 1 gibt an, ob der Zylinder beispielsweise mit einer frühen Füllungsstrategie oder mit einer späten Füllungsstrategie betrieben wird. Bei der frühen Füllungsstrategie wird das Einlassventil 7 des Zylinders geschlossen, sobald die gewünschte Zylinderfüllung bzw. Gasfüllung erreicht ist. Wenn dann beispielsweise eine Zylinderfüllung (Füllung mit Frischluft und Restgas) gewünscht wird, die dem halben Brennraum des Zylinders entspricht, wird das Einlassventil bei beispielsweise 90°KW nach dem oberen Totpunkt des Ladungswechsels, d. h., in etwa auf halben Weg zwischen dem oberen Totpunkt des Ladungswechsels und dem folgenden unteren Totpunkt bei der frühen Füllungsstrategie geschlossen. Bei der späten Füllungsstrategie wird eine grössere Zylinderfüllung als eigentlich gewünscht in den Zylinder gesaugt. Die überschüssige Zylinderfüllung wird jedoch bei der Aufwärtsbewegung des Kolbens von dem unteren Totpunkt des Ladungswechsels wieder durch die Einlassöffnung ausgestossen, bis nur noch die gewünschte Zylinder-

füllung in dem Zylinder ist. Dann wird das Einlassventil 7 geschlossen. Wenn dann beispielsweise die Zylinderfüllung gewünscht wird, die dem halben Brennraum des Zylinders entspricht, wird das Einlassventil bei 270°KW nach dem oberen Totpunkt des Ladungswechsels, d. h. in etwa auf halben Weg zwischen dem unteren Totpunkt des Ladungswechsels und dem folgenden oberen Totpunkt der Zündung bei der späten Füllungsstrategie geschlossen. Die Füllungsstrategie wird von einer Füllungsstrategieeinstelleinrichtung 71 vorgegeben und zu der Wandfilmermittlungseinrichtung 66 übertragen.

[0079] Der Faktor  $f_{drossev}$  für die Drosselung bei der Füllungssteuerung ist eine Verhältniszahl betreffend die Verringerung der Füllung durch Reduktion des Hubes des Einlassventils 7 gegenüber einer Verringerung der Füllung des Brennraums des Zylinders durch ein frühes Schliessen des Einlassventils 7. Der Faktor  $f_{drossev}$  wird von einer Füllungsstrategieeinstelleinrichtung 71 in der Motorsteuerung 16 ermittelt.

[0080] Die Wandfilmermittlungseinrichtung 66 gibt den nach dem vorhergehenden Schliessen des Einlassventils 7 in dem Saugrohr 13 des Zylinders verbliebenen Wandfilm  $r_{kwverb}$ , der die noch in dem Saugrohr 13 befindliche Kraftstoffmenge angibt, an die zweite Bestimmungseinrichtung 65 aus. Die Wandfilmermittlungseinrichtung 66 gibt ferner den nach dem kommenden Schliessen des Einlassventils 7 des Zylinders zu erwartenden Wandfilm  $r_{kwderw}$ , der die zu erwartende als Wandfilm verbleibende Kraftstoffmenge in dem Saugrohr 13 angibt, an die dritte Bestimmungseinrichtung 67 aus. Überdies gibt die Wandfilmermittlungseinrichtung 66 den nach dem kommenden Schliessen des Einlassventils 7 des Zylinders zu erwartenden Wandfilm  $r_{kwderw}$  an eine vierte Bestimmungseinrichtung 68 aus.

[0081] Die zweite Bestimmungseinrichtung 65 ermittelt eine gesamte aktuell vorgelagerte Kraftstoffmenge  $r_{kaktges}$  und gibt diese an die dritte Bestimmungseinrichtung 67 aus. Ferner gibt die zweite Bestimmungseinrichtung 65 die gesamte aktuell vorgelagerte Kraftstoffmenge  $r_{kaktges}$  an eine zweite Bestimmungseinrichtung 68 aus. Die zweite Bestimmungseinrichtung 65 ermittelt die gesamte aktuell vorgelagerte Kraftstoffmenge  $r_{kaktges}$  mittels Addition des von der Wandfilmermittlungseinrichtung 66 ausgehenden nach dem vorhergehenden Schliessen des Einlassventils 7 in dem Saugrohr 13 des Zylinders verbliebenen Wandfilm  $r_{kwverb}$  und der von der Einspritzermittlungseinrichtung 64 ausgehenden aktuell nach dem letzten Schliessen des Einlassventils über das Einspritzventil abgespritzten Kraftstoffmenge  $r_{ktineu}$ :

$$r_{kaktges} = r_{kwverb} + r_{ktineu}.$$

[0082] Die dritte Bestimmungseinrichtung 67 ermittelt die maximal absaugbare Kraftstoffmenge  $r_{kabmax}$  durch Addition des gesamten aktuell vorgelagerten Kraftstoffs  $r_{kaktges}$  mit der bis zum Schliessen des Einspritzventils 14 abspritzbaren Kraftstoffmenge  $r_{ktimaxm}$  und folgender Subtraktion des nach dem kommenden Schliessen des Einlassventils 7 des Zylinders zu erwartenden Wandfilms  $r_{kwderw}$ :

$$r_{kabmax} = r_{kaktges} + r_{ktimaxm} - r_{kwderw}.$$

[0083] Ferner ermittelt die dritte Bestimmungseinrichtung 67 die minimal absaugbare Kraftstoffmenge durch Subtraktion des nach dem kommenden Schliessen des Einlassventils 7 zu erwartenden Wandfilms  $r_{kwderw}$  von der gesamten aktuell vorgelagerten Kraftstoffmenge  $r_{kaktges}$ :

$rkabmin = rkaktges - rkwerdw$ .

[0084] Die zweite Bestimmungseinrichtung 62 ermittelt auf der Grundlage des Wunschwerts der abgesaugten Kraftstoffmenge  $rkabwu$ , der maximal absaugbaren Kraftstoffmenge  $rkabmax$  und der minimal absaugbaren Kraftstoffmenge  $rkabmin$  einen Sollwert für die abgesaugte Kraftstoffmenge  $rkabsoll$ . Diese Kraftstoffmenge  $rkabsoll$ , wie auch die entsprechende Frischluftfüllung des Zylinders, ist bei der nächsten Absaugung realisierbar. Hierzu ermittelt die zweite Bestimmungseinrichtung 62, welche der beiden folgenden Größen grösser ist: der Wunschwert der abgesaugten Kraftstoffmenge  $rkabwu$  oder die minimal absaugbare Kraftstoffmenge  $rkabmin$ . Die grössere der beiden Kraftstoffmengen  $rkabwu$  und  $rkabmin$  wird dann mit der maximal absaugbaren Kraftstoffmenge  $rkabmax$  verglichen. Die kleinere Kraftstoffmenge dieses Vergleichs wird gleich dem Sollwert der abgesaugten Kraftstoffmenge  $rkabsoll$  gesetzt. Zusammengefasst führt die zweite Bestimmungseinrichtung 62 folgende Berechnung aus:

$rkabsoll = \text{MIN} [rkabmax, \text{MAX} (rkabwu, rkabmin)]$ .

[0085] Die zweite Bestimmungseinrichtung 62 gibt den Sollwert der abgesaugten Kraftstoffmenge  $rkabsoll$  an die vierte Bestimmungseinrichtung 68 und eine Soll-Füllungsbestimmungseinrichtung 69 aus.

[0086] Die vierte Bestimmungseinrichtung 68 ermittelt eine Kraftstoffmenge  $rksoffehl$ , die bis zur Absaugung nach dem kommenden Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 noch abzusetzen, d. h., einzuspritzen ist. Die vierte Bestimmungseinrichtung 68 ermittelt die noch einzuspritzende Kraftstoffmenge  $rksoffehl$  durch Addition des Sollwerts der abgesaugten Kraftstoffmenge  $rkabsoll$  von der zweiten Bestimmungseinrichtung 62 mit dem nach dem kommenden Schliessen des Einlassventils 7 zu erwartenden Wandfilm  $rkwerdw$  und folgender Subtraktion der mittels der zweiten Bestimmungseinrichtung 65 ermittelten gesamten aktuell vorgelagerten Kraftstoffmenge  $rkaktges$ . Zusammengefasst führt die vierte Bestimmungseinrichtung 68 folgende Berechnung aus:

$rksoffehl = rkabsoll + rkwerdw - rkaktges$ .

[0087] Die vierte Bestimmungseinrichtung 68 gibt die noch nach dem folgenden Synchro für die nächste Füllung abzuspritzende Kraftstoffmenge  $rksoffehl$  an eine Einspritzventilsteuereinrichtung 70 aus. Die Einspritzventilsteuereinrichtung 70 ermittelt auf der Grundlage des Ausgangssignals der vierten Bestimmungseinrichtung 68 das Ansteuersignal  $ti$  für das Einspritzventil 12. Die Einspritzventilsteuereinrichtung 70 gibt das Ansteuersignal  $ti$  an das Einspritzventil 12 und die Einspritzmengenermittlungseinrichtung 64 aus.

[0088] Die Soll-Füllungsbestimmungseinrichtung 69 ermittelt auf der Grundlage des Sollwerts des Soll-Lambdas der Verbrennung  $\lambda_{soll}$  und dem Sollwert der abgesaugten Kraftstoffmenge  $rkabsoll$  die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  des Zylinders. Die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  des Zylinders bezeichnet die eine Füllung des Zylinders mit Frischluft. Vorzugsweise liess die Soll-Füllungsbestimmungseinrichtung 69 die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  auf der Grundlage der Eingangsgrössen  $X_{soll}$  und  $rkabsoll$  aus einem Kennfeld aus. Die Soll-Füllungsbestimmungseinrichtung 69 gibt die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  an die Füllungsstrategieeinrichtung 71 aus.

[0089] Die Füllungsstrategieeinrichtung 71 stellt beispielsweise durch frühes oder spätes Schliessen des Ein-

lassventils 7 die frühe oder die späte Füllungsstrategie bei dem Zylinder ein oder stellt durch Einstellen eines frühen oder späten Einlassventilschliesszeitpunktes in Verbindung mit einem reduzierten Hub des Einlassventils 7 eine Mischstrategie ein. Die Füllungsstrategieeinrichtung 71 ermittelt entsprechend der Füllungsstrategie den Faktor  $fdrossev$  für die Drosselung bei der Füllungssteuerung und ein Ausgangssignal FÜ-Art entsprechend der Füllungsstrategie und gibt den Faktor  $fdrossev$ , die Füllungsart FÜ-Art und die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  an eine dritte Übertragungseinrichtung 72 aus. Ferner gibt die Füllungsstrategieeinrichtung 71 den Faktor  $fdrossev$  für die Drosselung und die Füllungsart FÜ-Art an die Wanfimermittlungseinrichtung 66 aus. Die Füllungsstrategie ist vorzugsweise in der Füllungsstrategieeinrichtung 71 voreingestellt.

[0090] Die dritte Übertragungseinrichtung 72 überträgt den Faktor  $fdrossev$ , die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  und die Füllungsart FÜ-Art zu dem fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 der Motorsteuereinrichtung 16 zu der Ventilsteuereinrichtung 20. An dem folgenden Synchronisationszeitpunkt, nämlich dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 vergleicht die dritte Übertragungseinrichtung 72 die an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 an die Steuereinrichtung 20 übertragene Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  mit einer bei dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 an der dritten Übertragungseinrichtung 72 anliegenden Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$ . Wenn sich die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$ , die an dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 an der dritten Übertragungseinrichtung 72 anliegt, von der Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$ , die an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 zu der Ventilsteuereinrichtung 20 übertragen worden ist, unterscheidet, überträgt die dritte Übertragungseinrichtung 72 die an dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 an der dritten Übertragungseinrichtung 72 anliegende Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  zu der Ventilsteuereinrichtung 20. Unterscheiden sich die Soll-Frischgasfüllungen  $rlsoll$  an dem dritten und an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 nicht, findet keine Übertragung zu der Ventilsteuereinrichtung 20 statt. Damit wird eine minimale Datenübertragungsrate auf dem Bus 17 gewährleistet.

[0091] Bei Empfang des Faktors  $fdrossev$ , der Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  und der Füllungsart FÜ-Art ermittelt die Ventilsteuereinrichtung 20 in dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 des zweiten Synchronisations-Rasters der Ventilsteuereinrichtung 20 den Sollhub des Einlassventils 7 und beendet die Ansteuerung des ersten Magnetventils 21 des Ventilstellers 9 des Einlassventils 7 in entsprechender Weise. Ferner ermittelt die Einlassventilsteuereinrichtung 20 nach Empfang des Faktors  $fdrossev$ , der Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  und der Füllungsart FÜ-Art einen Schliesszeitpunkt des Einlassventils 7 an dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 der Ventilsteuereinrichtung 20 und steuert das zweite Magnetventil 28 des Ventilstellers 9 des Einlassventils 7 entsprechend an.

[0092] Obwohl die erste Übertragungseinrichtung 55, die zweite Übertragungseinrichtung 58 und die dritte Übertragungseinrichtung 72 in diesem Ausführungsbeispiel als einzelne Übertragungseinrichtungen ausgeführt sind, ist es auch möglich, die erste, die zweite und die dritte Übertragungseinrichtung 55, 58 und 72 mittels einer Übertragungseinrichtung auszugestalten.

[0093] Die in der Wunschfüllungsbestimmungseinrichtung 50, der Hubabschätzungseinrichtung 52, der Soll-AGR-Füllung und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53, der Momentenreduktionseinrichtung 54 und der Drosselklappenansteuereinrichtung 59 ermittelten Ausgangsgrössen – die im folgenden als allgemeine Ausgangs-



größen bezeichnet werden – gelten gleich für alle vier Zylinder der Brennkraftmaschine 1. Die oben beschriebenen Vorgänge zur Ermittlung der Ausgangsgrößen der Wunschfüllungseinrichtung 50, der Hubabschätzungseinrichtung 52, der Soll-AGR-Füllung und Soll-Saugrohrdruckbestimmungseinrichtung 53, der Momentenreduktionseinrichtung 54 und der Drosselklappenansteuerungseinrichtung 59 zur Bestimmung der allgemeinen Ausgangsgrößen werden bei jedem Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 bis Synchro 7 des ersten Synchronisations-Rasters der Motorsteuereinrichtung 16 ausgeführt, so dass zu jedem Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 bis Synchro 7 des ersten Synchronisations-Rasters der Motorsteuereinrichtung 16 die Ausgangsgrößen dieser Einrichtungen neu berechnet werden.

[0094] Die Ausgangsgrößen der ersten Minimumbestimmungseinrichtung 51, der Frischgasfüllungsmaximalwert-Bestimmungseinrichtung 57, der Saugrohrdruckprädiktionseinrichtung 60, der ersten Bestimmungseinrichtung 61, der zweiten Minimumbestimmungseinrichtung 62, der Einspritzmengenermittlungseinrichtung 64, der zweiten Bestimmungseinrichtung 65, der Wandfilmernmittlungseinrichtung 66, der dritten Bestimmungseinrichtung 67, der vierten Bestimmungseinrichtung 68, der Einspritzventilsteuereinrichtung 70, der Soll-Füllungsbestimmungseinrichtung 69 und der Füllungsstrategieeinrichtung 71 werden zylinderindividuell, d. h. einzeln für jeden der vier Zylinder der Brennkraftmaschine 1, ermittelt. Diese Ausgangsgrößen werden im folgenden als individuelle Ausgangsgrößen bezeichnet. Die individuellen Ausgangsgrößen werden je nach Betriebszustand der Brennkraftmaschine 1 bis zu fünfmal bei den folgenden Synchronisationszeitpunkten berechnet.

[0095] Bei einem Betriebszustand in dem die Brennkraftmaschine 1 bei Vollast mit hoher Drehzahl betrieben wird, werden die individuellen Ausgangsgrößen wie folgt berechnet: Zum ersten Mal werden die individuellen Ausgangsgrößen zum siebten Synchronisationszeitpunkt Synchro 7 berechnet, da dies bei Vollast mit hoher Drehzahl der frühest mögliche Einspritzbeginn ist. Das zweite Mal werden individuellen Ausgangsgrößen zum sechsten Synchronisationszeitpunkt Synchro 6 berechnet, da bei Vollast und hoher Drehzahl zu diesem Zeitpunkt der Einspritzbeginn aktualisiert wird. Das dritte Mal werden individuellen Ausgangsgrößen an dem fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 ermittelt, da zum fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 der Sollwert des internen Restgases  $r_{fgrsoll}$ , d. h. die interne Restgasfüllung, ermittelt wird. Die individuellen Ausgangsgrößen werden ein viertes Mal an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 ermittelt, da an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  des Zylinders ermittelt wird und ein neuer aktualisierter Sollwert des internen Restgases  $r_{fgrsoll}$  ermittelt wird. Ferner werden die individuellen Ausgangsgrößen ein fünftes Mal an dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 berechnet, an dem eine neue Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  ermittelt wird.

[0096] Wenn die Brennkraftmaschine 1 nicht bei Vollast und hohen Drehzahlen betrieben wird, werden die individuellen Ausgangsgrößen das erste Mal in dem sechsten Synchronisationszeitpunkt Synchro 6 berechnet, da bei diesem Betriebszustand zu diesem Zeitpunkt das erste Mal der Einspritzbeginn ermittelt wird.

[0097] Die beschriebene Ermittlung der individuellen Ausgangsgrößen wird dergestalt ausgeführt, dass alle Größen in der aufgezählten Reihenfolge von dem siebten Synchronisationszeitpunkt Synchro 7 bis zu dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 ermittelt werden. Dann

wird an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  über den Bus 17 an die Ventilsteuereinrichtung 20 übertragen. Erst nach der Übertragung der Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  wird dann eine weitere aktuelle Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  zu dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 berechnet.

[0098] Bei einer mehrzylindrigen Maschine müssen ja für jeden einzelnen Zylinder die Größen im Voraus berechnet werden. Die Reihenfolge beginnt bevorzugt bei Synchro 3 und endet bei Synchro 7. Wie beschrieben muss für jeden Zylinder bis zu 7 Synchros im Voraus berechnet werden. Synchro 3 heißt die Berechnung der Werte, die im Arbeitstakt des Zylinders 3 Synchros später zur Anwendung kommen sollen. Entsprechend dieser Reihenfolge soll mit dem zeitlich am nächsten liegendem Synchro angefangen werden, um die unmittelbar in der Zukunft benötigten Größen schon "auf die Reise" schicken zu können. Nach dem 4. In der Zukunft liegenden Synchro schickt man z. B. die Füllung des dazugehörigen Zylinders.

[0099] Fig. 4 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung der Ausgangssignalübertragung von der ersten Signalübertragungseinrichtung 55, der zweiten Signalübertragungseinrichtung 58 und der dritten Signalübertragungseinrichtung 57 in der Motorsteuereinrichtung 16 zu der Ventilsteuereinrichtung 20.

[0100] Entlang der Abszisse von Fig. 5 ist der Kurbelwinkel  $\alpha^\circ KW$  für ein Arbeitsspiel von einem vorhergehenden Zünd-UT bei  $0^\circ$  bis zu dem Zünd-UT dieses Arbeitsspiels bei  $720^\circ KW$  angetragen. Ferner sind in Diagramm 5 Synchronisationszeitpunkte Synchro 1 bis Synchro 5 des Synchronisations-Rasters der Motorsteuereinrichtung 16 angetragen. Der fünfte Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 ist  $72^\circ KW$  vor dem vorhergehenden Zünd-OT bei  $0^\circ KW$  angetragen. Im Abstand von  $180^\circ KW$  von dem fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 ist bei  $108^\circ KW$  der vierte Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 der Motorsteuereinrichtung 16 angetragen. Der dritte Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 ist bei  $288^\circ KW$  angetragen, der zweite Synchronisationszeitpunkt Synchro 2 bei  $468^\circ KW$  und der erste Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 bei  $648^\circ KW$ , d. h.  $72^\circ KW$  vor dem Zünd-OT bei  $720^\circ KW$ . Wie anhand von Fig. 4 dargelegt wurde, wird bei dem fünften Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 der Motorsteuereinrichtung 16 die Restgassteuer-Strategie AGR-Strat und der Sollwert des internen Restgases  $r_{fgrsoll}$  übertragen. Dann wird an dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 5 bei  $108^\circ KW$  je nachdem, ob neue Werte für den Sollwert des internen Restgases  $r_{fgrsoll}$  oder der Restgassteuerstrategie AGR-Strat vorliegen, neue Werte übertragen bzw. aktualisiert. Ferner werden bei dem vierten Synchronisationszeitpunkt Synchro 4 der Faktor  $f_{drossev}$ , die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  und die Füllungsart  $Fü$ -Art zu der Ventilsteuereinrichtung 20 übertragen.

[0101] Im folgenden wird bei dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 der Motorsteuereinrichtung bei  $288^\circ KW$  je nachdem, ob neue Werte für den Faktor  $f_{drossev}$ , für die Soll-Frischgasfüllung  $rlsoll$  oder die Füllungsart  $Fü$ -Art vorliegen, die neuen Werte zu der Ventilsteuereinrichtung 20 übertragen. Diese Übertragung bei dem dritten Synchronisationszeitpunkt Synchro 3 ist insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine 1 erforderlich. An dem zweiten Synchronisationszeitpunkt Synchro 2 bei  $468^\circ KW$  findet keine Übertragung zwischen der Motorsteuereinrichtung 16 und der Ventilsteuereinrichtung 20 statt. Bei dem ersten Synchronisationszeitpunkt Synchro 1 der Motorsteuereinrichtung 16 bei  $648^\circ KW$  überträgt die erste Übertragungseinrichtung 55 der Motorsteuereinrichtung 16 den Soll-Hochdruckwirkungsgrad  $\eta_{AVsoll}$  zu der Ven-

tilsteuereinrichtung 20.

[0102] Mit dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel der Steueranordnung und dem anhand der Steueranordnung beschriebenen Verfahren wird die Füllungssteuerung der Zylinder der Brennkraftmaschine 1 synchronisiert und eine schnellstmögliche Umsetzung von Drehmomentänderungen bei optimalem Wirkungsgrad und einer Einhaltung einer vorgegebenen Fettigkeit der Verbrennung realisiert. Überdies wird die Rechenbelastung in der Motorsteuereinrichtung 16 und der Ventilsteuereinrichtung 20 auf ein Mindestmass beschränkt. Ebenso ist mittels der oben beschriebenen Steueranordnung und dem entsprechenden Verfahren eine Beschränkung der Datenübertragungsrate zwischen der Motorsteuereinrichtung 16 und der Ventilsteuereinrichtung 20 auf ein Mindestmass möglich. Die schnelle Umsetzung von Drehmomentenänderungen wird durch eine sehr schnelle Füllungsdynamik erreicht. Die schnelle Füllungsdynamik ermöglicht ebenso ein Absenken einer Leerlaufdrehzahl und eine Reduzierung eines Zündwinkelvorbehalts bei der Leerlaufdrehzahlregelung bei einer sehr guten Leerlaufqualität. Überdies ermöglicht die oben beschriebene Steueranordnung und das entsprechende Verfahren eine schnelle Reduzierung von Drehmomentbeiträgen der einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine 1 zu dem Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 durch ein frühes Öffnen des Auslassventils 8 der Brennkraftmaschine 1.

[0103] Obwohl das obige Ausführungsbeispiel auf eine Vierzylinder-Brennkraftmaschine gerichtet ist, ist es für den Fachmann offensichtlich, dass die vorliegende Erfindung auch auf Brennkraftmaschinen mit mehr als vier Zylindern anwendbar ist. Dabei verschieben sich die oben angegebenen Zeitpunkte in entsprechender Weise. So sind beispielsweise bei einer Brennkraftmaschine mit n Zylindern die entsprechenden Grössen nicht 7 Synchros vorzuschicken, sondern  $(2 \cdot n) - 1$  Synchros.

#### Patentansprüche

1. Steueranordnung für eine Brennkraftmaschine (1) mit einem Zylinder mit einem Einlass- und einem Auslassventil (7, 8) mit voll-variablem Ventiltrieb (9, 10), umfassend:
  - eine Motorsteuereinrichtung (16) zur Ermittlung von Sollwerten betreffend eine Frischgasfüllung (rlsoll), eine interne Restgasfüllung (rfrgsoll), eine Momentenreduktion (etaAVsoll), eine Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und eine Füllungsstrategie (Fü-Art) des Zylinders der Brennkraftmaschine (1);
  - eine Übertragungseinrichtung (17, 55, 58, 72) zur kurbelwinkelsynchronen Übertragung der mittels der Motorsteuereinrichtung (16) ermittelten Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll), die Füllungsstrategie (Fü-Art), die interne Restgasfüllung (rfrgsoll), die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und die Momentenreduktion (etaAVsoll) zu einer Ventilsteuereinrichtung (20);
  - wobei die Ventilsteuereinrichtung (20) den voll-variablen Ventiltrieb (9, 10) des Einlass- und des Auslassventils (7, 8) des Zylinders der Brennkraftmaschine (1) auf der Grundlage der Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll), die interne Restgasfüllung (rfrgsoll), die Momentenreduktion (etaAVsoll), die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und die Füllungsstrategie (Fü-Art) ansteuert.
2. Steueranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsteuereinrichtung (16) auf der Grundlage eines Ausgangssignals eines Kurbelwinkelsensors (6) ein erstes kurbelwinkelsynchrones

Synchronisations-Raster ermittelt, die Übertragungseinrichtung (17, 55, 58, 72) die Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll), die interne Restgasfüllung (rfrgsoll), die Momentenreduktion (etaAVsoll), die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und die Füllungsstrategie (Fü-Art) synchron zu dem ersten kurbelwinkelsynchronen Synchronisations-Raster der Motorsteuereinrichtung (16) zu der Ventilsteuereinrichtung (20) überträgt und die Ventilsteuereinrichtung (20) auf der Grundlage des Ausgangssignals des Kurbelwinkelsensors (6) ein zweites kurbelwinkelsynchrones Synchronisations-Raster ermittelt, wobei das zweite Synchronisations-Raster dem ersten Synchronisations-Raster um einen ersten vorbestimmten Winkelbetrag nacheilt.

3. Steueranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste kurbelwinkelsynchrone Synchronisations-Raster zumindest einen ersten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1), einen zweiten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 2), einen dritten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 3), einen vierten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) und einen fünften Synchronisationszeitpunkt (Synchro 5) aufweist, wobei der erste Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1) einen zweiten vorbestimmten Winkelbetrag vor einem oberen Zündtotpunkt (ZOT) des Zylinders der Brennkraftmaschine (1) ist, der zweite Synchronisationszeitpunkt (Synchro 2) einen dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem ersten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1) ist, der dritte Synchronisationszeitpunkt (Synchro 3) den dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem dritten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 2) ist, der vierte Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) den dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem dritten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 3) ist und der fünfte Synchronisationszeitpunkt (Synchro 5) den dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem vierten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) ist, und die Übertragungseinrichtung (17, 55, 58, 72) die Sollwerte betreffend die interne Restgasfüllung (rfrgsoll) und die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) an dem fünften Synchronisationszeitpunkt (Synchro 5) zu der Ventilsteuereinrichtung (20) überträgt und die Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll) und die Füllungsstrategie (Fü-Art) an dem vierten Synchronisationszeitpunkt und den Sollwert betreffend die Momentenreduktion (etaAVsoll) an dem ersten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1).

4. Steueranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Übertragungseinrichtung (17, 55, 58, 72) an dem vierten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) aktualisierte Sollwerte betreffend die interne Restgasfüllung (rfrgsoll) und die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) überträgt und aktualisierte Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll) und die Füllungsstrategie (Fü-Art) an dem dritten Synchronisationszeitpunkt zu der Ventilsteuereinrichtung (20) überträgt.

5. Steueranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der Motorsteuereinrichtung (16) eine Kraftstoffermittlungseinrichtung (63) zur Ermittlung einer minimalen, bei einer folgenden Absaugung aus einem Saugrohr (13) der Brennkraftmaschine (1) abgesaugten Kraftstoffmenge (rkabmin) und einer maximalen, bei der folgenden Absaugung aus dem Saugrohr (13) der Brennkraftmaschine (1) abgesaugten Kraftstoffmenge (rkabmax) vorgesehen ist.

6. Steueranordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffermittlungseinrichtung (63) eine Einspritzmengenermittlungseinrichtung (64) umfasst, wobei die Einspritzmengenermittlungseinrichtung (64) auf der Grundlage eines Ansteuersignal (ti) eines Einspritzventils (12) des Zylinders der Brennkraftmaschine (1) eine seit einem vorhergehenden Schliessen des Einlassventils (7) in das Saugrohr (13) des Zylinders eingespritzte Kraftstoffmenge (rktineu) und eine noch bis zum Schliessen des Einspritzventils (12) einzuspritzende Kraftstoffmenge (rktimaxm) ermittelt.
7. Steueranordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffermittlungseinrichtung (63) eine Wandfilmermittlungseinrichtung (66) umfasst, zur Ermittlung eines nach einem vorhergehenden Schliessen des Einlassventils (7) in dem Saugrohr (13) des Zylinders verbliebenen Wandfilms (rkwderw) und eines nach einem kommenden Schliessen des Einlassventils (7) des Zylinders zu erwartenden Wandfilms (rkwderw).
8. Steueranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Winkelbetrag bei einer Brennkraftmaschine (1) mit n Zylindern  $720^\circ/2 \cdot n$  beträgt.
9. Steueranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Winkelbetrag bei einer Brennkraftmaschine (1) mit n Zylindern  $720^\circ/n$  beträgt.
10. Verfahren zum Steuern eines Betriebs einer Brennkraftmaschine (1) mit einem Zylinder mit einem Einlass- und einem Auslassventil (7, 8) mit voll-variablen Ventiltrieb (9, 10), umfassend folgende Schritte:  
Ermittlung von Sollwerten betreffend eine Frischgasfüllung (rlsoll), eine interne Restgasfüllung (rfrgsoll), eine Momentenreduktion (etaAVsoll), eine Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und eine Füllungsstrategie (Fü-Art) des Zylinders der Brennkraftmaschine (1);  
kurbelwinkelsynchrones Übertragen der ermittelten Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll), die Füllungsstrategie (Fü-Art), die interne Restgasfüllung (rfrgsoll), die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und die Momentenreduktion (etaAVsoll) von einer Motorsteuereinrichtung (16) zu einer Ventilsteuereinrichtung (20); und  
Ansteuern des voll-variablen Ventiltriebs (9, 10) des Einlass- und des Auslassventils (7, 8) des Zylinders der Brennkraftmaschine (1) auf der Grundlage der Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll), die interne Restgasfüllung (rfrgsoll), die Momentenreduktion (etaAVsoll), die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und die Füllungsstrategie (Fü-Art).
11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
Ermitteln eines ersten kurbelwinkelsynchronen Synchronisations-Rasters auf der Grundlage eines Ausgangssignals eines Kurbelwinkelsensors (6) und Betreiben der Motorsteuereinrichtung (16) synchron zu dem ersten Synchronisations-Raster;  
Übertragen der Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll), die interne Restgasfüllung (rfrgsoll), die Momentenreduktion (etaAVsoll), die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) und die Füllungsstrategie (Fü-Art) synchron zu dem ersten kurbelwinkelsynchronen Synchronisations-Raster der Motorsteuereinrichtung (16) von der Motorsteuereinrichtung (16) zu der Ventilsteuereinrichtung (20);  
Ermitteln eines zweiten kurbelwinkelsynchronen Syn-

chronisations-Rasters, wobei das zweite Synchronisations-Raster dem ersten Synchronisations-Raster um einen ersten vorbestimmten Winkelbetrag nachsteilt, und Betreiben der Ventilsteuereinrichtung (20) synchron zu dem zweiten Synchronisations-Raster.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das erste kurbelwinkelsynchrone Synchronisations-Raster zumindest einen ersten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1), einen zweiten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 2), einen dritten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 3), einen vierten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) und einen fünften Synchronisationszeitpunkt (Synchro 5) aufweist, wobei der erste Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1) einen zweiten vorbestimmten Winkelbetrag vor einem oberen Zündtotpunkt (ZOT) eines Zylinders der Brennkraftmaschine (1) ist, der zweite Synchronisationszeitpunkt (Synchro 2) einen dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem ersten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1) ist, der dritte Synchronisationszeitpunkt (Synchro 3) den dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem dritten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 2) ist, der vierte Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) den dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem dritten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 3) ist und der fünfte Synchronisationszeitpunkt (Synchro 5) den dritten vorbestimmten Winkelbetrag vor dem vierten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) ist, und die Übertragungseinrichtung (17, 55, 58, 72) die Sollwerte betreffend die interne Restgasfüllung (rfrgsoll) und die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) an dem fünften Synchronisationszeitpunkt (Synchro 5) zu der Ventilsteuereinrichtung (20) überträgt und die Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll) und die Füllungsstrategie (Fü-Art) an dem vierten Synchronisationszeitpunkt und den Sollwert betreffend die Momentenreduktion (etaAVsoll) an dem ersten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 1).

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass an dem vierten Synchronisationszeitpunkt (Synchro 4) aktualisierte Sollwerte betreffend die interne Restgasfüllung (rfrgsoll) und die Restgassteuerstrategie (AGR-Strat) zu der Ventilsteuereinrichtung (20) übertragen werden und aktualisierte Sollwerte betreffend die Frischgasfüllung (rlsoll) und die Füllungsstrategie (Fü-Art) an dem dritten Synchronisationszeitpunkt zu der Ventilsteuereinrichtung (20) übertragen werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet durch folgenden Schritt:

Ermitteln einer minimalen, bei einer folgenden Absaugung aus einem Saugrohr (13) der Brennkraftmaschine (1) abgesaugten Kraftstoffmenge (rkabmin) und einer maximalen, bei der folgenden Absaugung aus dem Saugrohr (13) der Brennkraftmaschine (1) abgesaugten Kraftstoffmenge (rkabmax).

15. Verfahren nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch folgenden Schritt:

Ermitteln einer seit einem vorhergehenden Schliessen des Einlassventils (7) in das Saugrohr (13) des Zylinders eingespritzten Kraftstoffmenge (rktineu) und einer noch bis zum Schliessen des Einspritzventils (7) einzuspritzenden Kraftstoffmenge (rktimaxm) auf der Grundlage eines Ansteuersignals (ti) eines Einspritzventils (12) des Zylinders der Brennkraftmaschine (1).

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, gekennzeichnet durch folgenden Schritt:

Ermitteln eines nach einem vorhergehenden Schliessen



des Einlassventils (7) in dem Saugrohr (13) des Zylinders verbliebenen Wandfilms (rkwdverb) und eines nach einem kommenden Schliessen des Einlassventils (7) des Zylinders zu erwartenden Wandfilms (rkwdenv).

5

17. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Winkelbetrag bei einer Brennkraftmaschine (1) mit n Zylindern  $720^\circ/2 \cdot n$  beträgt.

18. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Winkelbetrag bei einer Brennkraftmaschine (1) mit n Zylindern  $720^\circ/n$  beträgt.

10

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

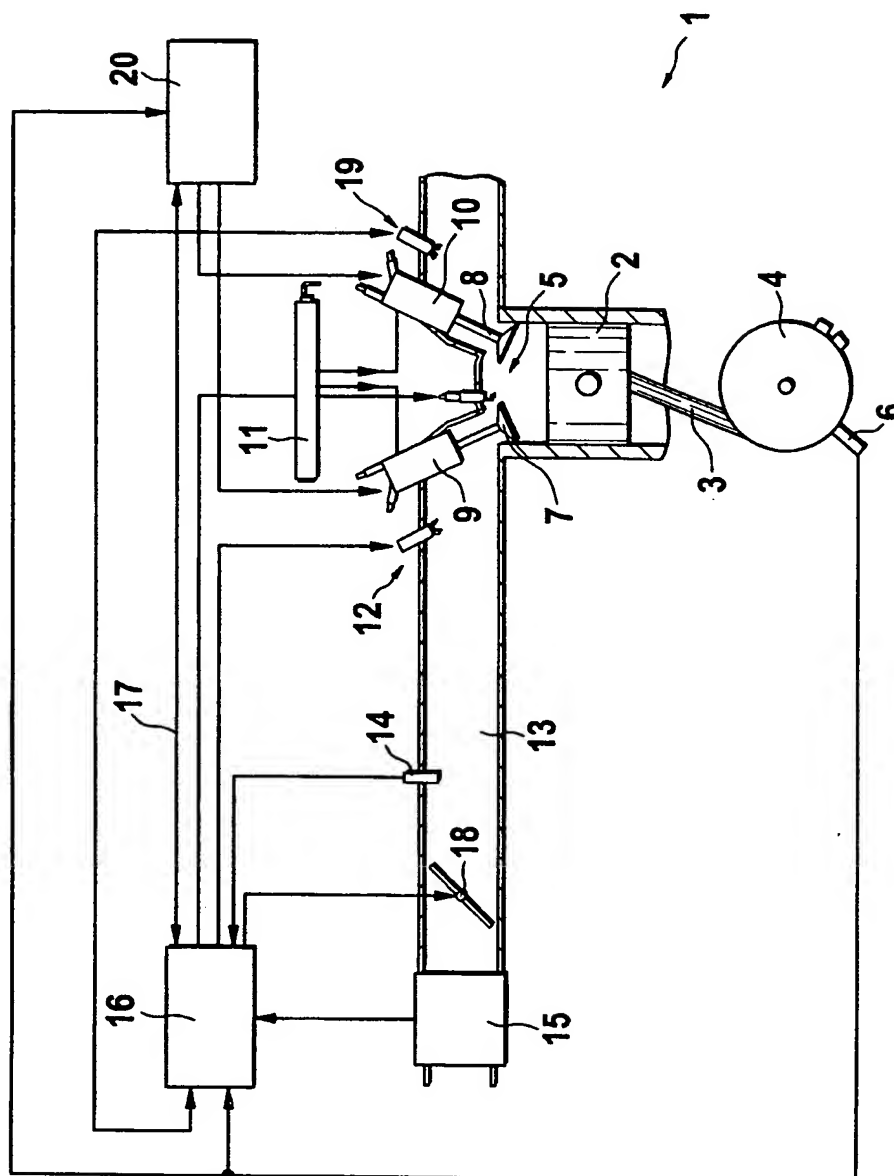
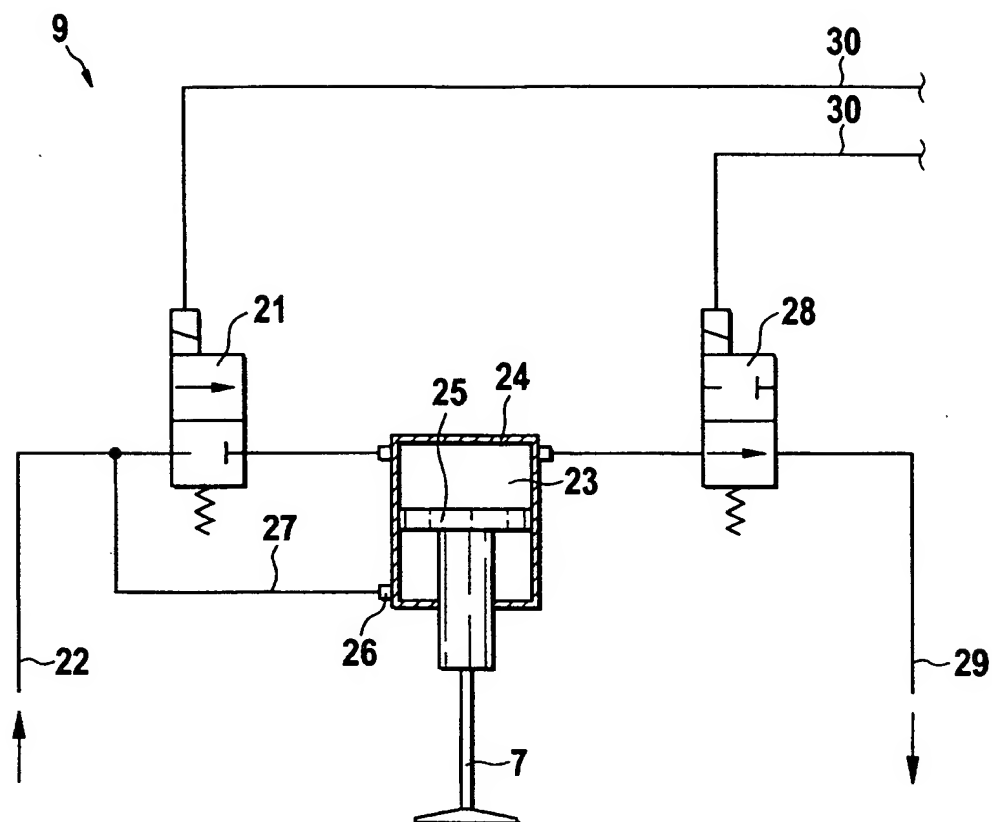
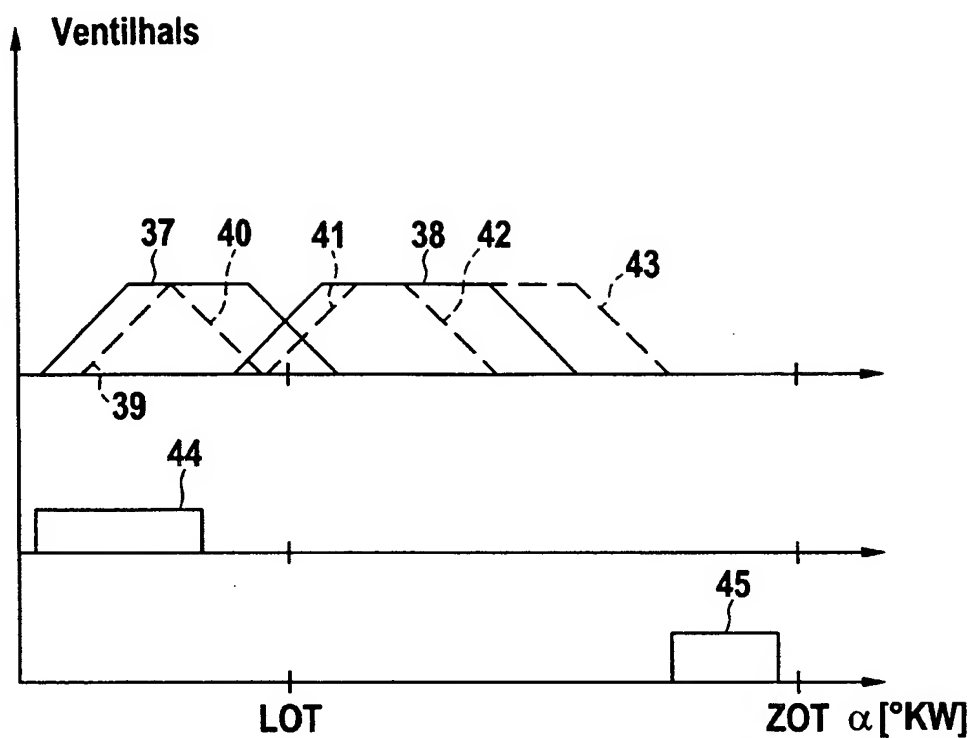


Fig. 1

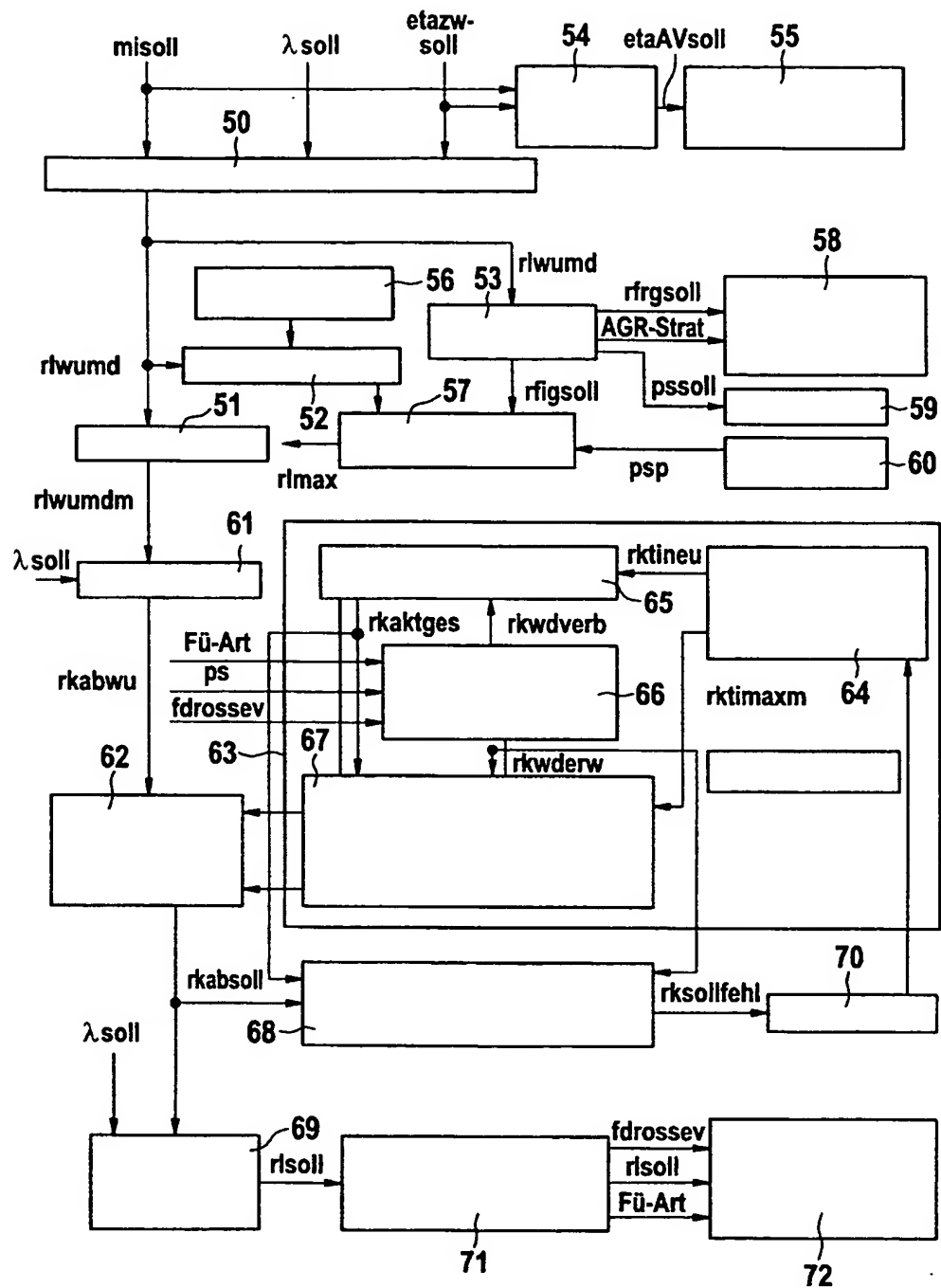
Fig. 2



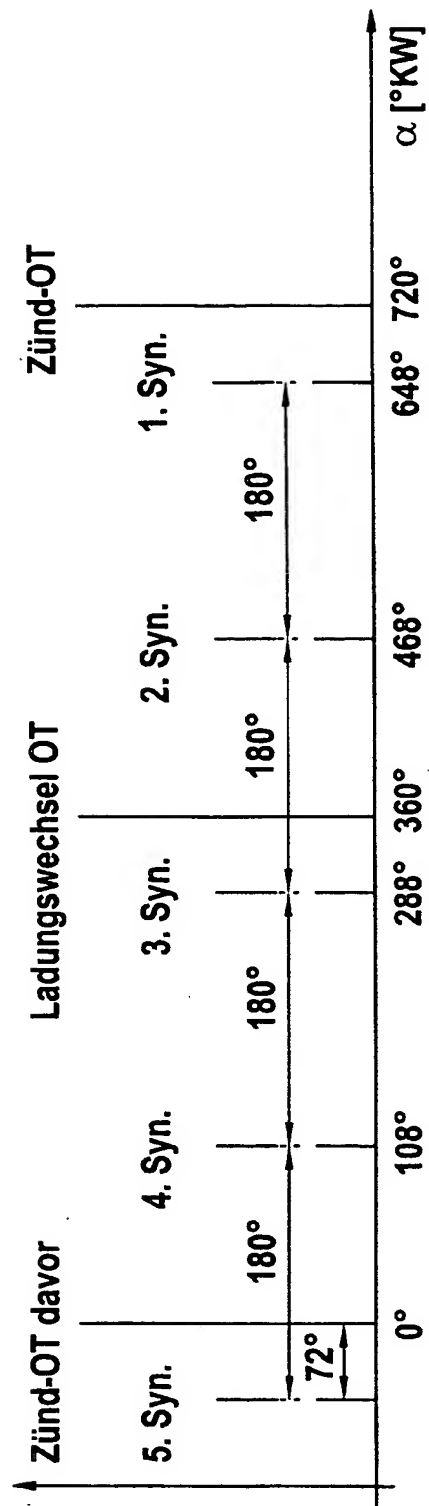
**Fig. 3**



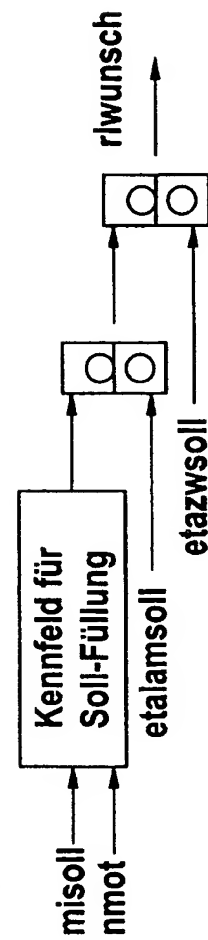
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**